

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246358 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437728**

(22) Data zgłoszenia: **2021.04.28**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.10.31 BUP 44/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.01.13 WUP 02/2025**

(51) MKP:

H02K 7/02 (2006.01)

H02K 7/09 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

JANUSZAJTIS ROMAN, Wałbrzych, PL
FESHCHENKO ANNA, Berdiansk, UA

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ROMAN JANUSZAJTIS, Wałbrzych, PL
ANNA FESHCHENKO, Berdiansk, UA

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Martyna Wójcik, Sopot, PL

(54) Tytuł:

Układ kół zamachowych w urządzeniu do magazynowania energii

PL 246358 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ kół zamachowych w urządzeniu do magazynowania energii. Ujawnione rozwiązanie znajduje zastosowanie w urządzeniach do magazynowania energii z wykorzystaniem kół zamachowych, a w szczególności współpracujących z więcej niż jednym bezłożyskowym silnikiem/generatorem („M-G”), jak również pracujących w środowisku wrażliwym na działanie momentu żyroskopowego, np. urządzeniach transportowych.

Systemy FES działają poprzez przyspieszenie koła zamachowego do bardzo dużej prędkości i utrzymywaniu energii w układzie jako energii obrotowej. Gdy energia jest pobierana z systemu, prędkość obrotowa koła zamachowego jest zmniejszana w wyniku zasady zachowania energii, a dodanie energii do układu powoduje odpowiednio zwiększenie prędkości koła zamachowego. Problematyka związana z efektywnością magazynowania energii w systemach FES sprowadza się do zapewnienia korzystnego współczynnika kształtu koła zamachowego (efektywnego wykorzystywania masy wirnika), jego wytrzymałości w celu osiągania najwyższych prędkości i minimalizacji strat energii związanych z tarciem. Zaawansowane systemy FES mają wirniki wykonane z kompozytów z włókna węglowego o wysokiej wytrzymałości, zawieszone na łożyskach magnetycznych i wirujące z prędkością od 20 000 do blisko 60 000 obr./min w obudowie próżniowej. Takie koła zamachowe mogą przyspieszyć w ciągu kilku minut – osiągając swoją pojemność energetyczną znacznie szybciej niż inne formy magazynowania. W urządzeniach do magazynowania energii opartych na kole zamachowym występuje również problem związany z momentem żyroskopowym, który jest szczególnie niekorzystny w przypadku zastosowania ich w pojazdach czy statkach kosmicznych, wpływając na destabilizację trajektorii poruszania się pojazdów czy statków.

Ze stanu techniki znane jest rozwiązanie ujawnione w zgłoszeniu patentowym nr CN111756168 dotyczące urządzenia do magazynowania energii z wykorzystaniem koła zamachowego z lewitacją magnetyczną w obudowie próżniowej. Urządzenie zawiera zespół koła zamachowego, układ łożysk magnetycznych, silnik/generator, wał drążony rdzenia stojana, dynamiczny pierścień uszczelniający, łożysko pomocnicze, układ chłodzenia oraz samoopróżniające urządzenie. Zespół koła zamachowego integruje wiele silników z zawieszeniem magnetycznym i zewnętrznym wirnikiem silnika/generatora (M-G) z magnesami trwałymi. Uzwojenia rdzenia stojana tych silników są zasilane energią w celu wprowadzenia zespołu koła zamachowego w ruch promieniowy. Gdy prędkość zespołu koła zamachowego osiągnie zadaną wartość koło zamachowe zawsze wchodzi w tryb magazynowania energii. Silnik staje się generatorem – wytwarzania moc. Gdy M-G jest w trybie silnika koło zamachowe zawsze przechodzi w tryb rozładowania energii i wykorzystuje bezwładną energię potencjalną zespołu koła zamachowego do pracy z generatorem. Zewnętrzny wirnik generatora z magnesami trwałymi zespołu koła zamachowego przecina uzwojenie rdzenia stojana generatora, aby wygenerować indukowany prąd. Magazynowanie, konwersja i reorganizacja energii są realizowane poprzez system kontrolera mocy.

W rozwiązaniu patentowym nr US2014028132 ujawniono konstrukcję koła zamachowego, schematów sterowania i uzwojenia oraz sterowania bezczujnikowego. Wirnik ma konstrukcję cylindryczną i jest równocześnie zawieszany przez dwa silniki bezłożyskowe w kierunku promieniowym i obracany za ich pomocą. Przy czym co najmniej jeden spośród pierwszego silnika bezłożyskowego i drugiego silnika bezłożyskowego zawiera wirnik na zewnątrz stojana.

Dotychczas znane rozwiązania urządzeń do magazynowania energii opracowane są na jednym kole zamachowym. Obecnie przyjętym kierunkiem rozwoju dziedziny, w celu zwiększania gęstości energii układów, jest wykorzystanie zaawansowanych technologii, w tym projektów silników, wirników i elektroniki. Odstępuje się od wirników o kształcie tarczy na rzecz wirników cylindrycznych o wysokich prędkościach obrotowych, mimo korzystniejszego współczynnika kształtu tarczy. Wynika to z faktu, że wirniki cylindryczne cechuje wyższa gęstość energii układu, która wynika z niższej różnicy pomiędzy minimalnym i maksymalnym promieniem zawieszenia masy. Obecne rozwiązania nie skupiają się jednak na zwiększaniu gęstości energii poprzez poprawę współczynnika kształtu. Urządzenia magazynujące z wykorzystaniem jednego koła zamachowego obciążone są również problemem związanym z oddziaływaniem momentu żyroskopowego na otoczenie, co wymusza mocowanie urządzenia do fundamentu, rozbudowywanie samego urządzenia o system mocowań, który zwiększa gabaryt urządzenia często nawet kilkukrotnie.

Celem wynalazku jakim jest układ kół zamachowych jest opracowanie geometrii układu kół zamachowych, która pozwoli na wykorzystanie zalet wynikających z rozłożenia masy zamachowej w formie tarczy przy zachowaniu znacząco wyższej gęstości energii układu. Rozwiązanie cechuje

uniwersalność, która pozwala na zastosowanie wszystkich dotychczas znanych technologii dotyczących układów M-G. Dodatkowo zastosowanie układu kół umożliwia połączenie z kilkoma układami M-G, również równolegle obsługującymi prąd zmienny i stały.

Według wynalazku układ kół zamachowych zawierający koło zamachowe, obudowę, magnesy stałe, cewki indukcyjne, łożyska charakteryzujący tym, że przynajmniej dwa koła zamachowe są ustalone współosiowo, ruchomo w osi obrotu i bez bezpośredniego kontaktu ze sobą. Pierwsze koło zamachowe jest bryłą obrotową, a każde kolejne koło zamachowe jest toroidem i okala poprzednie koła zamachowe. Koła zamachowe znajdują się wewnątrz obudowy, gdzie łożyska pośredniczą między obudową a kołami zamachowymi. Cewki indukcyjne zamontowane na obudowie współpracują z magnesami stałymi zamocowanymi do kół zamachowych. Takie rozwiązanie pozwala na zróżnicowanie prędkości obrotowych dla poszczególnych kół, utrzymując maksymalne dopuszczalne prędkości dostosowane do ich wytrzymałości. Tym samym zwiększając gęstość energii układu w stosunku do rozwiązań z zastosowaniem tarczy. Możliwe jest również połączenie wybranych kół z kilkoma układami M-G pracującymi z różnymi parametrami.

Korzystnie łożyska są łożyskami magnetycznymi. To zapewnia wysoką żywotność układu, brak konieczności smarowania i konserwacji łożysk oraz minimalizację oporów ruchu kół zamachowych. Tym samym ogranicza się nagrzewanie układu, co pozwala zrezygnować z systemów chłodzenia.

Szczególnie korzystnie łożyska są łożyskami magnetycznymi w postaci zatopionych w kleju żywicznym zespołów magnesów stałych na sąsiadujących powierzchniach obudowy i kół zamachowych zgodnymi biegunami skierowanymi do siebie.

Alternatywnie łożyska są łożyskami tocznymi, co w niektórych układach pozwala na połączenie kół zamachowych ze sobą w sposób rozłączny za pośrednictwem łożysk.

Korzystnie obudowa zawiera dno i pokrywę połączone rozłącznie lub nierozłącznie, gdzie pokrywa jest nad dnem.

Korzystnie dno i pokrywa są połączone śrubami i szczeliwem oraz są wykonane ze stopu aluminium-tytanowego, a warstwa zewnętrzna jest owinięta kompozytem z żywicy z włókna węglowego. Takie wykonanie umożliwia utrzymanie w obudowie próżni bądź gazów umożliwiających korzystnie szybszą konwekcję ciepła.

Korzystnie cewki indukcyjne umocowane są w kleju żywicznym do pokrywy za pośrednictwem podkładek izolacyjnych, a współpracujące z cewkami indukcyjnymi magnesy stałe umocowane są w kleju żywicznym do kół zamachowych za pośrednictwem podkładek izolacyjnych. Podkładki izolacyjne umożliwiają koncentrację pola magnetycznego.

Korzystnie pierwsze koło zamachowe jest bryłą obrotową o przekroju figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma łukami symetrycznymi względem osi obrotu, a kolejne koła zamachowe są toroidami powstającymi przez obrót figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma łukami, gdzie średnica zewnętrzna kół zamachowych jest mniejsza od średnicy wewnętrznej kolejnych kół zamachowych. Taka geometria kół zamachowych zwiększa ich wytrzymałość.

Korzystnie pierwsze koło zamachowe jest bryłą obrotową o przekroju stożka ściętego, a kolejne koła zamachowe są toroidami powstającymi przez obrót figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma prostymi równoległymi do tworzącej stożka pierwszego koła zamachowego. W szczególnych przypadkach umożliwia to przenoszenie sił ciężkości za pośrednictwem łożysk z zewnętrznych kół zamachowych na wewnętrzne koła zamachowe.

Korzystnie oś obrotu kół zamachowych jest pionowa, dzięki czemu siły ciężkości kół działają równolegle do ich osi obrotu, co tworzy korzystny do łożyskowania układ.

Korzystnie pomiędzy kołami zamachowymi a dnem zamocowane są łożyska, które w przypadku osi obrotu zamontowanej pionowo przenoszą całe obciążenie wynikające z sił ciężkości.

Korzystnie w podstawie pierwszego koła zamachowego jest współosiowo wycięta powierzchnia stożkowa, do którego zamocowane są łożyska pośredniczące z dnem obudowy, umożliwiając centrowanie kół zamachowych.

Szczególnie korzystnie w podstawie pierwszego koła zamachowego jest współosiowo wycięta powierzchnia walcowa, wewnątrz której współosiowo umieszczony jest trzpień obudowy, a pomiędzy powierzchnią walcową a trzpieniem zamocowane jest przynajmniej jedno łożysko, które jest współosiowe z kołami zamachowymi. W ten sposób łożyskowane koła umożliwiają stabilną pracę urządzenia nawet przy znacznych odchyleniach osi obrotu od pionu.

Korzystnie pomiędzy obudową a zewnętrznym kołem zamachowym zamocowane jest przynajmniej jedno łożysko, które jest współosiowe z kołami zamachowymi. Umożliwia to przeniesienie obciążenia wynikającego z siły odśrodkowej pracującego koła zamachowego na obudowę co przyczynia się do wzrostu wytrzymałości takiego koła w pracującym układzie.

Korzystnie koła zamachowe wykonane są z blachy stalowej spawanej, wypełnionej betonem. To rozwiązanie ujawnia konstrukcję kół, która jest technologicznie korzystna przy wykonaniu wielkogabarytowych urządzeń do magazynowania energii na poziomie nawet kilkunastu do kilkudziesięciu megawatów.

Korzystnie koła zamachowe wykonane są z materiału jednorodnego, typu węgiel spiekany. Co umożliwia tworzenie urządzeń do magazynowania energii o małych rozmiarach, pracujących z dużymi prędkościami uzyskując bardzo wysoką gęstość magazynowanej energii.

Przedmiot wynalazku został zilustrowany przykładami, które nie ograniczają jego zakresu. Układ kół zamachowych według wynalazku zostało przedstawiony na rysunkach:

fig. 1 – układ kół zamachowych o wyoblonych ścianach bocznych, łożyskowany magnetycznie i centrowany na łożyskach stożkowych pierwszego koła zamachowego

fig. 2 – układ kół zamachowych o przekrojach trapezu, łożyskowany magnetycznie i centrowany przez łożyska magnetyczne na trzpieniu obudowy,

fig. 3 – łożyskowanie magnetyczne kół zamachowych,

fig. 4 – zespół cewki indukcyjnej z magnesem stałym.

fig. 5 – sposób pracy urządzenia do magazynowania energii z wykorzystaniem układu kół zamachowych

W przykładowej postaci urządzenia zilustrowanej fig. 1 układ kół zamachowych składa się z pięciu kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, obudowy 3, zespołu magnesów stałych 5 i cewek indukcyjnych 4 oraz łożysk magnetycznych 2. Koła zamachowe 1a, 1b, 1c, 1d, 1e są ustalone współosiowo, ruchomo w osi obrotu i bez bezpośredniego kontaktu ze sobą. Pierwsze koło zamachowe 1a jest bryłą obrotową, a każde kolejne koło zamachowe 1b, 1c, 1d, 1e jest toroidem i okala poprzednie koła zamachowe 1a, 1b, 1c, 1d. Znajdują się wewnątrz obudowy 3, gdzie łożyska 2 pośredniczą między obudową 3 a kołami zamachowymi 1, a cewki indukcyjne 4 zamontowane na obudowie 3 współpracują z magnesami stałymi 5 zamocowanymi do kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d, 1e. Pierwsze i drugie koło zamachowe 1a, 1b, współpracują z pierwszym bezłożyskowym silnikiem/generatorem, a kolejne koła zamachowe 1c, 1d, 1e współpracują z drugim bezłożyskowym silnikiem/generatorem.

Na rysunku fig. 3 przedstawione łożyska 2 są łożyskami magnetycznymi w postaci zatopionych w kleju żywicznym zespołów magnesów stałych na sąsiadujących powierzchniach obudowy 3 i kół zamachowych 1b, 1c zgodnymi biegunami skierowanymi do siebie.

Obudowa 3 zawiera dno 3a i pokrywę 3b połączone rozłącznie lub nierozłącznie, gdzie pokrywa 3b jest nad dnem 3a.

Dno 3a i pokrywa 3b są połączone śrubami i szczeliwem oraz są wykonane ze stopu aluminium-tytanowego, a warstwa zewnętrzna jest owinięta kompozytem z żywicy z włókna węglowego.

Na rysunku fig. 4 przedstawiono cewki indukcyjne 4 umocowane w kleju żywicznym do pokrywy 3b za pośrednictwem podkładek izolacyjnych 6. Zaś współpracujące z cewkami indukcyjnymi 4 magnesy stałe 5 umocowane są w kleju żywicznym do kół zamachowych 1b, 1c za pośrednictwem podkładek izolacyjnych 6. Podkładki izolacyjne są wykonane z aluminium.

W przykładowej postaci urządzenia zilustrowanej fig. 1 pierwsze koło zamachowe 1a jest bryłą obrotową o przekroju figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma lukami symetrycznymi względem osi obrotu, a kolejne koła zamachowe 1b, 1c, 1d, 1e są toroidami powstającymi przez obrót figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma lukami. Średnica zewnętrzna kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d jest mniejsza od średnicy wewnętrznej kolejnych kół zamachowych 1b, 1c, 1d, 1e.

Oś obrotu kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d, 1e jest pionowa.

Pomiędzy kołami zamachowymi 1a, 1b, 1c, 1d, 1e a dnem 3a zamocowane są łożyska 2.

W podstawie pierwszego koła zamachowego 1a jest współosiowo wycięta powierzchnia stożkowa, do której zamocowane są łożyska pośredniczące z dnem 3a obudowy 3.

Jak pokazano na rysunku fig. 3 i 4 koła zamachowe 1b, 1c wykonane są z blachy stalowej 7 spawanej, wypełnionej betonem.

W innym przykładzie wykonania przedstawionym na fig. 2, układ kół zamachowych składa się z czterech kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d, obudowy 3, zespołu magnesów stałych 5 i cewek induk-

cyjnych 4 oraz łożysk magnetycznych 2. Koła zamachowe 1a, 1b, 1c, 1d są ustalone współosiowo, ruchomo w osi obrotu i bez bezpośredniego kontaktu ze sobą. Pierwsze koło zamachowe 1a jest bryłą obrotową, a każde kolejne koło zamachowe 1b, 1c, 1d jest toroidem i okala poprzednie koła zamachowe 1a, 1b, 1c. Znajdują się wewnątrz obudowy 3, gdzie łożyska 2 pośredniczą między obudową 3 a kołami zamachowymi 1a, 1b, 1c, 1d, a cewki indukcyjne 4 zamontowane na obudowie 3 współpracują z magnesami stałymi 5 zamocowanymi do kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d. Wszystkie koła zamachowe 1a, 1b, 1c, 1d układu współpracują z jednym bezłożyskowym silnikiem/generatorem.

Budowa łożysk 2, obudowy 3, cewek indukcyjnych 4 i magnesów stałych 5 jest analogiczna jak w pierwszym przykładzie rozwiązania i ujawnieniach na fig. 3, i 4.

Na fig. 2 zilustrowano pierwsze koło zamachowe 1a, które jest bryłą obrotową o przekroju stożka ściętego. Kolejne koła zamachowe 1b, 1c, 1d są toroidami powstającymi przez obrót figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma prostymi równoległymi do tworzącej stożka pierwszego koła zamachowego 1a.

Oś obrotu kół zamachowych 1a, 1b, 1c, 1d jest pionowa.

W podstawie pierwszego koła zamachowego 1a jest współosiowo wycięta powierzchnia walcowa, wewnątrz której współosiowo umieszczony jest trzpień obudowy 3, a pomiędzy powierzchnią walcową a trzpieniem zamocowane są trzy łożyska 2, które są współosiowe z kołami zamachowymi 1a, 1b, 1c, 1d.

Pomiędzy kołami zamachowymi 1a, 1b, 1c, 1d a dnem 3a zamocowane są łożyska 2.

Koła zamachowe 1a, 1b, 1c, 1d wykonane są z węgla spiekane.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ kół zamachowych w urządzeniu do magazynowania energii zawierający koło zamachowe, obudowę, magnesy stałe, cewki indukcyjne, łożyska, **znamienny tym**, że co najmniej dwa koła zamachowe (1a, 1b) są ustalone współosiowo, ruchomo w osi obrotu i bez bezpośredniego kontaktu ze sobą, gdzie pierwsze koło zamachowe (1a) jest bryłą obrotową, a każde kolejne koło zamachowe (1b) jest toroidem i okala poprzednie koło zamachowe (1a), a koła zamachowe (1a, 1b) znajdują się wewnątrz obudowy (3), gdzie łożyska (2) pośredniczą między obudową (3) a kołami zamachowymi (1a, 1b), a cewki indukcyjne (4) zamontowane na obudowie (3) współpracują z magnesami stałymi (5) zamocowanymi do kół zamachowych (1a, 1b).
2. Układ kół zamachowych według zastrz. 1, **znamienny tym**, że łożyska (2) są łożyskami magnetycznymi.
3. Układ kół zamachowych według zastrz. 2, **znamienny tym**, że łożyska (2) są łożyskami magnetycznymi w postaci umocowanych w kleju żywicznym zespołów magnesów stałych na sąsiadujących powierzchniach obudowy (3) i kół zamachowych (1a, 1b) zgodnymi biegunami skierowanymi do siebie.
4. Układ kół zamachowych według zastrz. 1, **znamienny tym**, że łożyska (2) są łożyskami tocznymi.
5. Układ kół zamachowych według zastrz. 1, albo 2, albo 3, albo 4, **znamienny tym**, że obudowa (3) zawiera dno (3a) i pokrywę (3b) połączone rozłącznie lub nierozłącznie, gdzie pokrywa (3b) jest nad dnem (3a).
6. Układ kół zamachowych według zastrz. 5, **znamienny tym**, że dno (3a) i pokrywa (3b) są połączone śrubami i szczeliwem oraz są wykonane ze stopu aluminium-tytanowego, a warstwa zewnętrzna jest owinięta kompozytem z żywicy z włókna węglowego.
7. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 6, **znamienny tym**, że cewki indukcyjne (4) umocowane są w kleju żywicznym do pokrywy (3b) za pośrednictwem podkładek izolacyjnych (6), a współpracujące z cewkami indukcyjnymi (4) magnesy stałe (5) umocowane są w kleju żywicznym do kół zamachowych (1a, 1b) za pośrednictwem podkładek izolacyjnych (6).
8. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 7, **znamienny tym**, że pierwsze koło zamachowe (1a) jest bryłą obrotową o przekroju figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma łukami symetrycznymi względem osi obrotu, a kolejne koła zamachowe (1b) są toroidami powstającymi przez obrót figury pł-

skiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma lukami, gdzie średnica zewnętrzna kół zamachowych (1a, 1b) jest mniejsza od średnicy wewnętrznej kolejnych kół zamachowych (1b).

9. Układ kół zamachowych według zastrz. któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 8, **znamienny tym**, że pierwsze koło zamachowe (1a) jest bryłą obrotową o przekroju stożka ściętego, a kolejne koła zamachowe (1b) są toroidami powstającymi przez obrót figury płaskiej ograniczonej dwoma prostymi prostopadłymi do osi obrotu i dwoma prostymi równoległymi do tworzącej stożka pierwszego koła zamachowego (1a).
10. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 9, **znamienny tym**, że oś obrotu kół zamachowych (1a, 1b) jest pionowa.
11. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 10, **znamienny tym**, że pomiędzy kołami zamachowymi (1a, 1b) a dnem (3a) zamocowane są łożyska (2).
12. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 11, **znamienny tym**, że w podstawie pierwszego koła zamachowego (1a) jest współosiowo wycięta powierzchnia stożkowa, do której zamocowane są łożyska pośredniczące z dnem (3a) obudowy (3).
13. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 12, **znamienny tym**, że w podstawie pierwszego koła zamachowego (1a) jest współosiowo wycięta powierzchnia walcowa, wewnątrz której współosiowo umieszczony jest trzpień obudowy (3), a pomiędzy powierzchnią walcową a trzpieniem zamocowane jest przynajmniej jedno łożysko (2), które jest współosiowe z kołami zamachowymi (1a, 1b).
14. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 13, **znamienny tym**, że pomiędzy obudową (3) a zewnętrznym kołem zamachowym (1b) zamocowane jest przynajmniej jedno łożysko (2), które jest współosiowe z kołami zamachowymi (1a, 1b).
15. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 14, **znamienny tym**, że koła zamachowe (1a, 1b) wykonane są z blachy stalowej (7) spawanej, wypełnionej betonem.
16. Układ kół zamachowych według któregośkolwiek spośród zastrz. od 1 do 15, **znamienny tym**, że koła zamachowe (1a, 1b) wykonane są z materiału jednorodnego.

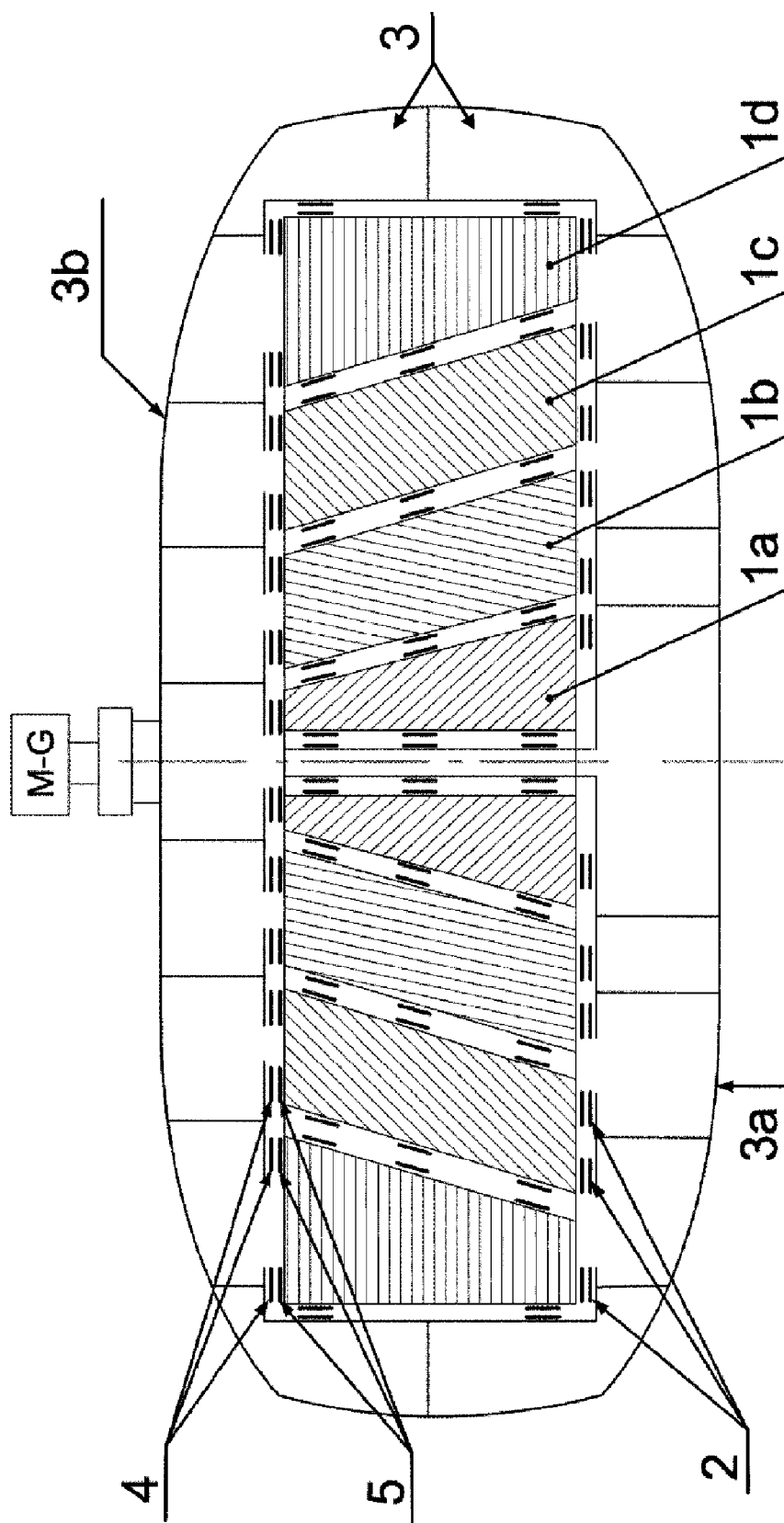


Fig. 2.

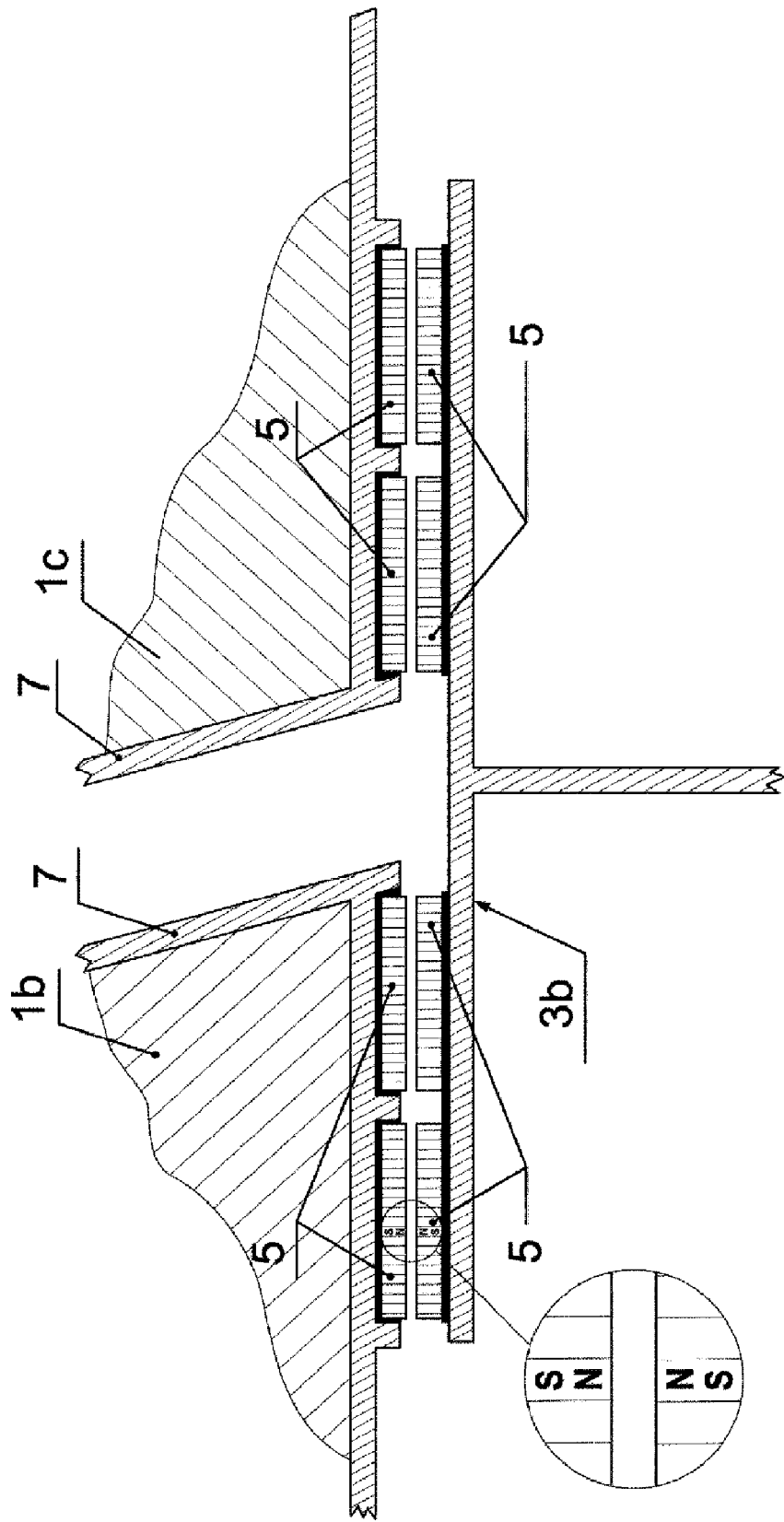


Fig. 3.

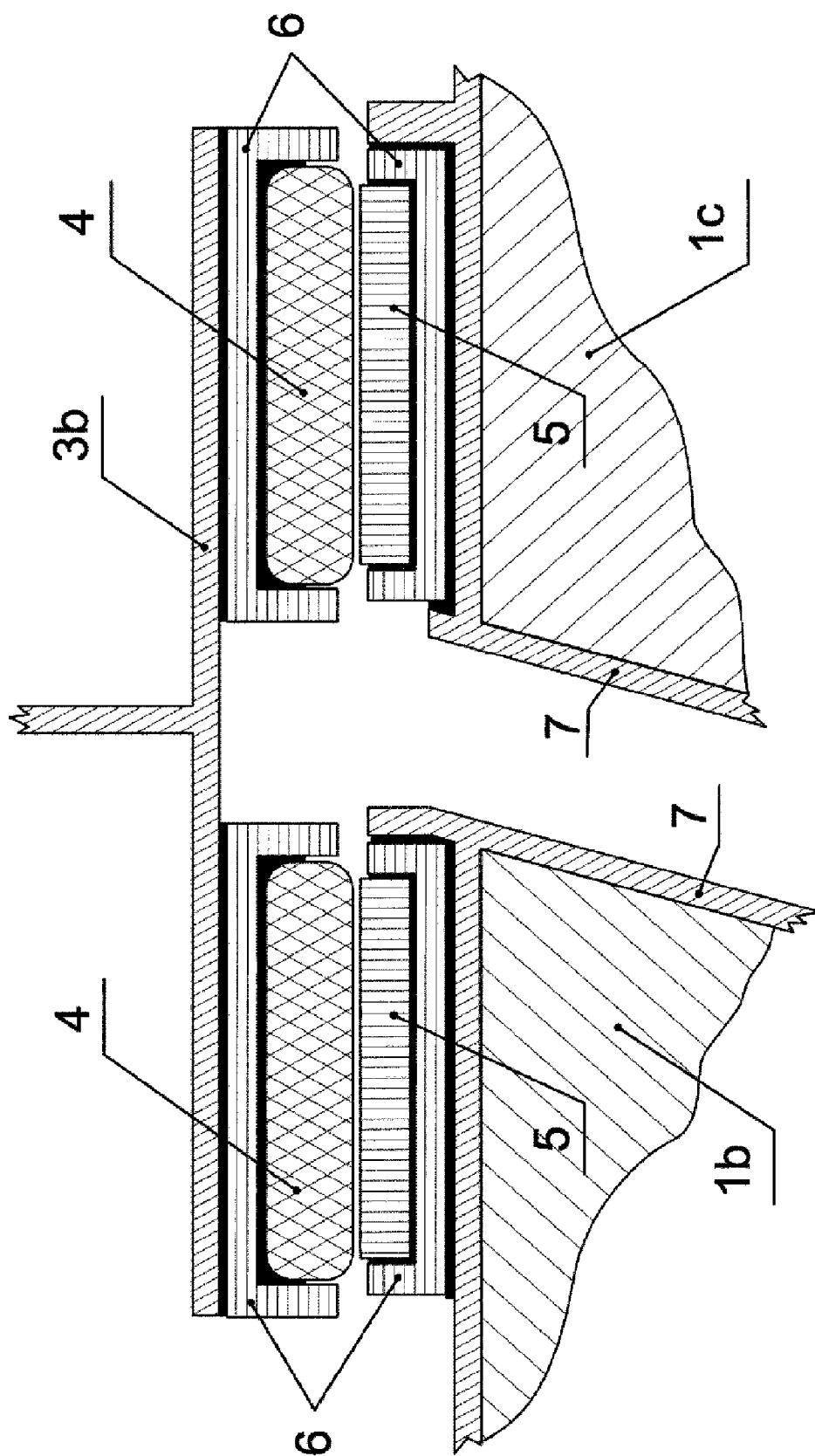


Fig. 4.

Fig. 5.

