

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky **2007-331**
(22) Přihlášeno **09.05.2007**
(40) Zveřejněno **29.12.2008**
(Věstník č. 12/2008)
(47) Uděleno **12.11.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku **29.12.2008**
(Věstník č. 52/2008)

(11) Číslo dokumentu:

299 911

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. CL.
H02K 35/02 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty
WO 2007020383; WO 2007039733; WO 2005022726.

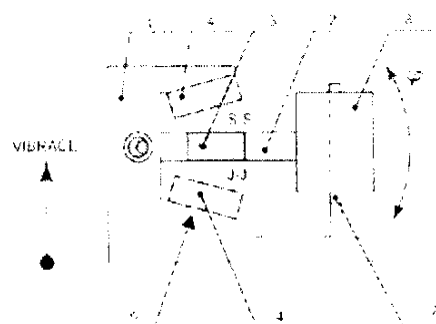
(73) Majitel patentu.
Vysoké učení technické Brno, Brno, CZ

(72) Původce:
Hadaš Zdeněk Ing. PhD., Kelč, CZ
Single Vladislav Doc. Ing. CSc., Brno, CZ
Ondrůšek Čestmír Doc. Ing. CSc., Brno, CZ
Fiala Pavel Doc. Ing. PhD., Brno, CZ

(74) Zástupce:
DADEJ, GHEORGHIU, KENDEREŠKI Patentová a
známková kancelář, Ing. Dušan Kendereški, Lidická 51,
Brno, 60200

(54) Název vynálezu.
**Elektromagnetický vibrační generátor pro
nízké frekvence vibrací**

(57) Anotace:
Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie sestává z pohyblivého členu (2) a pružného členu (9) uspořádaného v rámu (1), budicího obvodu (8) fixovaného k pohyblivému členu (2) a cívky (7). Cívka (7) i budicí obvod (8) jsou pohyblivě uspořádány vůči sobě tak, že magnetické pole permanentního magnetu (83) je schopno indukovat napětí v cínce (7). Pružný člen (9) je tvořen pevnými permanentními magnety (4) fixovanými v rámu a jedním nebo více pohyblivými permanentními magnety (3) fixovanými k pohyblivému členu (2) s budicím obvodem (8) opatřeným závěsem (6) uloženým v pouzdru (5). Budicí obvod (8) tvoří alespoň jeden permanentní magnet (83) uspořádaný na alespoň jednom pólovém nástavci (81), pro vytvoření magnetického toku v cínce (7), přičemž cívka (7) je staticky uspořádána na rámu (1) vůči budicímu obvodu (8), kolem níž se tento suvně pohybuje.



Elektromagnetický vibrační generátor pro nízké frekvence vibrací

Oblast techniky

5

Vynález se týká uspořádání elektromagnetického vibračního generátoru pro výrobu elektrické energie sestávajícího z pohyblivého cíenu s pružným členem uspořádaným k rámu, budicího obvodu fixovaného k pohyblivému členu a cívký, přičemž cívka i budicí obvod jsou pohyblivě uspořádány vůči sobě způsobem, že magnetické pole permanentního magnetu je schopno induk-

10

vat napětí v cívkě.

Dosavadní stav techniky

15 Pro napájení bezdrátových senzorů a dalších vnořených aplikací se momentálně používají primární a sekundární galvanické články. V souvislosti s vývojem elektroniky a snižováním její energetické náročnosti nabývá na významu využití některých zdrojů okolní energie k napájení bezdrátových senzorů a vnořených aplikací.

20 Formou všudypřítomné okolní energie může být solární energie, teplotní gradient, proudění tekutin, mechanické vibrace atd., a tato energie může sloužit jako primární zdroj energie, přeměnitelné na elektrickou energii pro napájení určitého autonomního zařízení (např. bezdrátového senzoru).

25 Obecně jsou zdroje získávající energii z okolí označovány *Energy Harvesting* zařízení a v souvislosti se snižováním energetické náročnosti bezdrátových sítí roste význam takovýchto nevyčerpatelných zdrojů elektrické energie pro napájení těchto senzorů. Již dnes se používají některé zdroje elektrické energie, využívající energie z okolí (solární články, rozdíl teplot, proudění tekutin, kinetická energie atd.). Jednou z možností je i využití kinetické energie okolních vibrací. Nejvhodnějším zdrojem okolní energie se u většiny dynamických strojních soustav jeví mechanické vibrace. Vhodnost těchto vibrací pro získávání elektrické energie závisí na stálosti dominantní frekvence a velikosti vibrací. Energie z mechanických vibrací soustavy je získávána vibračním generátorem, jehož konstrukce je naladěna na budicí vibrace a je optimálně navržena vzhledem k požadovanému generovanému výkonu a dalším požadavkům na toto zařízení.

35

Pro převod kinetické energie vibrací na energii elektrickou je obecně využíváno následujících fyzikálních principů: piezoelektrického jevu, elektrostatické přeměny a elektromagnetické indukce.

40 Další potenciální možností převodu kinetické energie na elektrickou je využití magnetostrikčních materiálů. Tento princip však není v žádné nám známé publikované studii o možnostech získávání energie z okolí zmiňován.

45 Jakýkoli vibrační generátor se obecně skládá ze dvou částí: z rezonančního mechanismu, který při buzení vibracemi o rezonanční frekvenci vyvolává určitý relativní pohyb, a generátoru (tzv. převodníku energie), ve kterém se přeměňuje kinetická energie vybuzeného pohybu rezonančního mechanismu na elektrickou energii implementací některého již zmíněného fyzikálního principu.

50 V posledních letech jsou využívány piezoelektrické a elektrostatické vibrační generátory a jsou používány jako zdroje elektrické energie pro napájení MEMS zařízení a miniaturních bezdrátových senzorů. Tyto generátory mají svá specifika a jsou využívány pro malý generovaný výkon při vysoké frekvenci vibrací.

Pro získání dostatečně velkého generovaného napětí a výkonu potřebuje elektromagnetický vibrační generátor odpovídající vybuzený relativní pohyb rezonančního mechanismu, který způsobí dostatečnou změnu magnetického toku ve vinutí cívky a v tomto vinutí se tak indukuje dostatečné elektromotorické napětí. Z uvedeného plyne, že pro nízké frekvence vibrací je potřebná hodnota výchylky vibrace podstatně větší, a tudíž lze snáze docílit dostatečný vybuzený pohyb rezonančního mechanismu a dostatečnou změnu magnetického toku v cívkě v elektromagnetickém vibračním generátoru.

Získávání elektrické energie z vibrací pomocí elektromagnetického vibračního generátoru je tedy výhodné pro nízké frekvence budící vibrace, kdy je amplituda kmitavého pohybu vibrace dostatečná. Tento elektromagnetický generátor lze obecně použít i pro získávání elektrické energie z obecného kmitavého pohybu.

Obecně se elektromagnetický vibrační generátor skládá z následujících částí: rezonančního mechanismu, který je tvořen pružným členem a pohyblivou hmotou a je naladěn na frekvenci budících vibrací (zajišťuje relativní pohyb budícího obvodu oproti cívkě), a budícího obvodu (s permanentním magnetem/magnety FeNdB), který je součástí hmoty rezonančního mechanismu a vytváří vhodné magnetické pole v cívkě/nebo je pevný a součástí rezonančního obvodu je cívka (cívky) kotvy, která je pevně spojená s rámem generátoru/nebo opačně je součástí rezonančního mechanismu, ale tím vznikají problémy s přenosem elektrické energie pohyblivými vodiči.

Základní princip elektromagnetického vibračního generátoru pro výrobu elektrické energie schematicky znázorněný na obr. 1 je tvořen kmitajícím pohyblivým tělesem o hmotnosti m zavěšeným na pružném členu o tuhosti k . Naladění generátoru na vlastní frekvenci Ω je dáno poměrem tuhosti pružného členu k a hmotnosti kmitajícího tělesa m . Tato kombinace vytváří rezonanční mechanismus a může být konstrukčně dosažena několika způsoby:

- Kmitající těleso je zavěšeno na pružném členu, kterým může být:
 - válcová pružina,
 - tvarová pružina,
 - torzní pružina,
 - speciální konstrukční varianty, např. tvarová křemíková pružina (MEMS).
- Kmitající těleso je uloženo mezi sadou odpuzujících se permanentních magnetů, které vytvářejí tuhost mechanismu.
- Kmitající těleso je umístěno na vetknutém nosníku.
- Kmitající těleso je umístěno na pružné membráně.
- Kombinace výše zmíněných řešení přidáním nových konstrukčních prvků atd.

Vlastnosti rezonančního mechanismu ovlivňuje jeho parametr mechanické tlumení b_m , které je dáno konstrukčním uspořádáním rezonančního mechanismu a použitými materiály. Parametr b_m ovlivňuje vybuzený pohyb kmitající hmoty při buzení vibracemi, udává kvalitu rezonančního mechanismu, a tím ovlivňuje i získaný výkon z budící vibrace. Rezonanční mechanismus s nižší hodnotou mechanického tlumení má větší kvalitativní faktor a dokáže ze stejných vibrací vybudit větší relativní pohyb a tím vytvořit předpoklady pro získání většího generovaného výkonu.

Dále, jak je též patrné z obr. 1, je generátor tvořen budícím obvodem, vytvářejícím magnetickou indukci B ve vzduchové mezeře, kde je umístěna cívka, a touto cívkou s indukčností L a vnitřním odporem R_c , která je pevně spojená s rámem generátoru, a na kterou je připojena elektrická zátěž s odporem R_z .

- Budicí obvod se skládá z jednoho nebo několika permanentních magnetů a pólových nadstavců. Uspořádání celého magnetického obvodu vibračního generátoru je navrženo tak, aby v odpovídající vzduchové mezeře byla dosažena co největší hodnota magnetické indukce $\vec{B}$. V této vzduchové mezeře je uspořádáno vinutí cívky a relativním kmitavým pohybem rezonančního mechanismu vůči rámu s cívkou se ve vinutí cívky indukuje střídavé napětí. Velikost indukovaného napětí je závislá na hodnotě magnetického indukčního toku a rychlosti pohybu, neboli rychlosti změny magnetického indukčního toku, vzájemné poloze vektoru magnetického toku a osy cívky a počtu závitů cívky.
- Velmi důležité je vhodně navrhnout konstrukci budicí soustavy a cívky z hlediska návrhu rezonančního mechanismu generátoru. Konstrukce budicího obvodu a cívky je sladěna s konstrukcí rezonančního mechanismu a návrh konstrukce magnetického obvodu odpovídá vybuzenému pohybu rezonančního mechanismu. Konstrukce budicího obvodu a cívky je vhodně zvolena podle velikosti vibrací a parametrů rezonančního mechanismu.
- Pokud je generátor zatížen okolními vibracemi se zrychlením A_x , které mají frekvenci stejnou jako je naladěná rezonanční frekvence generátoru, buzení mechanismu vibracemi způsobí relativní kmitavý pohyb x tělesa m vzhledem k rámu generátoru s cívkou/nebo opačně. Tento pohyb vyvolá změnu magnetického toku procházejícího závitů cívky L . Na jednotlivých závitech cívky se tak podle Faradayova zákona elektromagnetické indukce indukuje střídavé napětí, které je závislé na rychlosti vybuzeného kmitavého pohybu magnetického budicího obvodu a na velikosti časové změny magnetického indukčního toku procházejícího vinutím cívky a na geometrii cívky.
- Velikost vybuzené výchylky x tělesa m , a tím i velikost indukovaného napětí, závisí nejen na mechanickém tlumení v generátoru, ale i na elektromagnetickém tlumení, které vzniká odebráním elektrického výkonu ze systému (odebíraný výkon na zátěži R_z a ztráty v cívce na odporu R_c). Celkový generovaný výkon závisí na poměru těchto tlumení a je maximální, je-li okamžitá hodnota elektromagnetického tlumení, které je dáno konstrukcí budicího obvodu, cívky a zátěží, shodná s okamžitou hodnotou mechanického tlumení, které je závislé na konstrukci rezonančního mechanismu a taktéž na velikosti vybuzeného pohybu.
- Nejvhodnějšími strojními soustavami k implementaci vibračního generátoru jako nevyčerpatelného zdroje elektrické energie se jeví helikoptéry, kde jsou otáčky rotoru konstantní (tzn. i frekvence vibrací) po celou dobu chodu stroje, mění se jen intenzita vibrací. Zde umístěný a vhodně naladěný vibrační generátor bude pracovat jako nepřetržitý zdroj elektrické energie po celou dobu chodu stroje. Předpokládá se využití tohoto zařízení i u jiných technických soustav jako jsou automobily (strojní soustavy obecně), různé stavební konstrukce, mosty atd.
- Nejznámější firmou zabývající se zařízeními na získávání elektrické energie z mechanických vibrací je firma Perpetuum Ltd. Tato firma poskytuje vibrační generátory pro různé aplikace a výkony.
- Patent WO 05022726 A1 popisuje principy elektromagnetických vibračních generátorů, vyráběných touto firmou. Tento patent používá magnetický obvod upevněný na vetknutém nosníku, který spolu s magnetickým obvodem kmitá při buzení vibracemi. Při tomto pohybu se v pevné cívce, umístěné ve vzduchové mezeře magnetického obvodu, indukuje elektromotorické napětí.
- Doposud využívané konstrukce rezonančního mechanismu vibračního generátoru mají těleso s efektivní hmotou umístěno na vetknutém nosníku či tvarové pružině, která vytváří pružný člen. Tyto konstrukční varianty mají své omezení z hlediska tuhosti pružného členu a tím i rezonanční frekvence generátoru. Pro nízké rezonanční frekvence je potřeba poměrně měkké tuhostní charakteristiky pružného členu. Při použití tradičních materiálů je použití těchto konstrukčních variant pro nízké frekvence zcela nevhodné. Lze použít jen měkkou pružinu v kombinaci s mechanickým vedením pohyblivého členu, což přináší další mechanické tlumení do systému

a znamená nižší generovaný výkon. Pokud je již pružný člen použit, nastává problém s relativně velkou deformací pružného členu při nízké frekvenci vybuzeného pohybu.

5 Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je poskytnout řešení elektromagnetického vibračního generátoru využívající nízkou frekvenci vibrací (zpravidla do 50 Hz, výjimečně až 100 Hz) pro výrobu elektrické energie na principu Faradayova zákona elektromagnetické indukce.

10

Výše uvedeného úkolu je dosaženo uspořádání elektromagnetického vibračního generátoru pro výrobu elektrické energie sestávajícího z pohyblivého členu a pružného členu uspořádaného v rámu, budicího obvodu fixovaného k pohyblivému členu a cívky, přičemž cívka i budicí obvod jsou pohyblivě uspořádány vůči sobě, tak, že magnetické pole permanentního magnetu je schopno indukovat napětí v cívce, a jehož podstata spočívá v tom, že má pružný člen tvořený pevnými permanentními magnety fixovanými v rámu a jedním nebo více pohyblivými permanentními magnety fixovanými k pohyblivému členu s budicím obvodem opatřeným závěsem uloženým v pouzdru, přičemž budicí obvod tvoří alespoň jeden permanentní magnet uspořádaný na alespoň jednom pólovém nastavci, pro vytvoření magnetického toku v cívce, přičemž cívka je staticky uspořádána na rámu vůči budicímu obvodu, kolem níž se tento suvně pohybuje.

20

Hlavní výhodou uspořádání elektromagnetického vibračního generátoru lze spatřovat v tom, že tuhost v pružném členu rezonančního mechanismu vibračního generátoru je tvořena odpuzujícími se permanentními magnety. Tyto magnety jsou souhlasnými póly natočeny k sobě a vytvářejí odpuzující magnetickou sílu. Takto vytvořený pružný člen nemá žádné materiálové tlumení a tím je umožněno generování většího výkonu, jelikož generovaný výkon závisí pouze na celkovém mechanickém tlumení vibračního generátoru. Odpadají zde i problémy s únavou materiálu pružného členu, jelikož tuhost mechanismu je zprostředkována pouze magnetickými silami. Výhodou tohoto pružného členu je možnost přeladění rezonanční frekvence, čili pracovní frekvence generátoru, změnou vzdálenosti mezi pevnými magnety v rámu a pohyblivým magnetem na pohyblivém členu.

30

Výhodné je i to, že konstrukční uspořádání pouzdra závěsu vytváří přesné mechanické vedení pro pohyb pohyblivého členu s budicím obvodem vůči cívce. Toto mechanické vedení vytváří jediné mechanické tlumící síly rezonančního mechanismu. Při použití mechanického pružného členu, například pružiny, je nutno využít také mechanické vedení a navíc tento člen má i další mechanické tlumení dané vlastnostmi materiálu, ze kterého je vyroben. Z těchto důvodů se jeví použití magnetického pružného členu s mechanickým vedením jako nejvýhodnější pro frekvence vibrací do přibližně 50 – 100 Hz.

40

Rotační uložení pohyblivého členu v ložiskách není vhodné z hlediska tření a tím i nízké citlivosti na budící vibrace takto vytvořeného vibračního generátoru. Použití segmentových valivých ložisek není rovněž pro vibrační generátory použitelné z důvodu pouze kmitavého pohybu okolo rovnovážné polohy a velkého zatížení těchto valivých segmentů budící vibrací.

45

Pro zajištění bodového nebo přímkového styku pouzdra vůči závěsu je výhodné, když pružný člen, který je tvořený pevnými permanentními magnety fixovanými v rámu a jedním nebo více pohyblivými permanentními magnety, vzájemnou polohou pevných a pohyblivých permanentních magnetů vytváří stykovou sílu pouzdra vůči závěsu. Což má za důsledek minimalizaci mechanických tlumících sil a zvyšuje citlivost elektromagnetického vibračního generátoru na buzení vibracemi a umožňuje generovat větší výkon.

50

Pro dosažení výše uvedených minimálních mechanických tlumících sil je výhodné, když provedení závěsu a pouzdra má následující konstrukční uspořádání: Závěs je proveden jako válcový čep odvalovaný ve válcovém pouzdru, závěs je proveden jako válcový čep odvalovaný v kuželov-

55

vém pouzdru, závěs je proveden jako břít uložený v pouzdru s drážkou, závěs je proveden jako hrot uložený v pouzdru, opatřeném důlkem.

5 Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude objasněn pomocí přiložených výkresů, kde obr. 1 znázorňuje schéma elektromagnetického vibračního generátoru, obr. 2 konstrukci vibračního generátoru pro nízké frekvence vibrací, obr. 3a a obr. 3b znázorňují vhodné konstrukční řešení uložení pohyblivého členu v rámu a obr. 4 znázorňuje použité konstrukční řešení budicího obvodu s permanentními magnety a cívky.

Příklady provedení vynálezu

15 Uspořádání elektromagnetického vibračního generátoru pro výrobu elektrické energie bude vysvětleno na jednotlivých příkladech jeho provedení. Je nasnadě, že níže uvedené popisy jsou ilustrativním vyjádřením aplikace principů tohoto vynálezu.

20 Je nasnadě, že celý návrh elektromagnetického vibračního generátoru musí být sladěn tak, aby z daných budicích vibrací generoval maximální možný výkon. To odpovídá sladění parametrů budicího obvodu a cívky s parametry rezonančního mechanismu

25 Podstata vynálezu spočívá v konstrukci elektromagnetického vibračního generátoru využívajícího nízkou dominantní frekvenci vibrací do 50 Hz (podle velikosti popřípadě až do 100 Hz) pro výrobu elektrické energie, u něhož se jako pružný člen rezonančního mechanismu využije sada pevných a pohyblivých permanentních magnetů 4, 3, 4 se vzájemnou souhlasnou polaritou, jak je schematicky zobrazeno na obr. 2. Pracovní frekvence vibračního generátoru je dána poměrem vytvořené magnetické tuhosti a hmotností (momentem setrvačnosti) celého pohyblivého členu.

30 Technické řešení tohoto elektromagnetického vibračního generátoru je vhodné pro nízké okolní vibrace s frekvencí do 50 – 100 Hz, díky měkké tuhostní charakteristice vytvořené sadou odpuzujících se pevných a pohyblivých permanentních magnetů 4, 3, 4. V kombinaci s hmotností (popřípadě momentem setrvačnosti) celého pohyblivého členu vibračního generátoru je naladěna požadovaná rezonanční (vlastní) frekvence vibračního generátoru, která se shoduje s frekvencí budicích vibrací. Vhodnost maximální pracovní frekvence závisí na velikosti vibračního generátoru, čili požadovaném výkonu a velikosti budicích vibrací.

35 Tuhost pružného členu 9 rezonančního mechanismu vibračního generátoru je tvořena odpuzujícími se pevnými a pohyblivými permanentními magnety 4, 3, 4. Tyto magnety jsou souhlasnými póly natočeny k sobě a vytvářejí odpuzující magnetickou sílu. Nejvhodnější jsou permanentní magnety ze vzácných zemin NdFeB, které i při malých rozměrech poskytují dostatečnou tuhost mechanismu. Pohyblivý permanentní magnet(-y) 3 je fixován k pohyblivému členu generátoru 2 a je odpuzován magnetickými silami od pevného permanentního magnetu 4 fixovaného v rámu 1 generátoru. Na každé straně pohyblivého permanentního magnetu 3 umístěného na pohyblivém členu 2 je v rámu umístěn pevný permanentní magnet 4. Na pohyblivém členu 2 a i v rámu 1 je možno fixovat i několik pohyblivých a pevných permanentních magnetů požadovaných tvarů pro dosažení požadované tuhostní charakteristiky rezonančního mechanismu, čili požadované pracovní frekvence. Tvar, velikost a způsob fixování všech magnetů vychází z požadované tuhostní charakteristiky, maximálních vybuzečných výkmitů pohyblivého členu 2 a celá konstrukce navzájem odpuzujících se pevných a pohyblivých magnetů 4, 3, 4 je přizpůsobena celkovému návrhu vibračního generátoru.

50 Mechanické vedení pohyblivého členu 2 je vytvořeno pomocí závěsu 6 uložení, fixovaného k pohyblivému členu 2, v pouzdře 5. Dochází zde pouze k přímkovému či bodovému styku, a na takto uložený pohyblivý člen 2 působí velmi malé mechanické tlumicí síly, tj. tření ve styku sou-

částí, jímž jsou pouzdro 5 a závěs 6. Takto uložený pohyblivý člen 2 dovoluje využít i velmi nízké intenzity vibrací k vybuzení relativního pohybu a tím ke generování užitečného výstupního výkonu.

5 Rezonanční mechanismus vibračního generátoru se skládá z:

- Pružného členu, skládajícího se z vhodně rozestavěných a tvarovaných pevných a pohyblivých permanentních magnetů 4, 3, 4.
- 10 • Pohyblivého členu 2, na kterém jsou fixovány pohyblivé magnety 3, závěsu 6 a budicího obvodu 8. Takto vytvořená pohyblivá část vibračního generátoru tvoří efektivní hmotnost, vyjádřenou momentem setrvačnosti, která kmitá relativním pohybem vůči rámu 1 při buzení vibrací.
- 15 • Rámu 1, který přenáší budicí vibraci na pohyblivý člen 2 pomocí magnetické tuhosti fixovaných permanentních magnetů 4 v kombinaci s pohyblivým magnetem 3 na pohyblivém členu 2. V rámu 1 je uloženo pouzdro 5, ve kterém se odvaluje/natačí závěs 6 spolu s pohyblivým členem 2.
- 20 Závěs 6 pohyblivého členu 2 je uložen v pouzdru 5 v přímkovém a nebo bodovém styku, což sníží mechanické tlumicí síly na minimum a dovolí vibračnímu generátoru získat co největší výkon. Tento přímkový a nebo bodový styk závisí na konstrukční variaci součástí, jimiž jsou pouzdro 5 a závěs 6, a je v rovnovážné a nebuzené poloze pohyblivého členu 2 přitisknut magnetickými silami, vznikajícími vhodně rozmístěnými magnety 4, 3, 4 a jejich tvarem a velikostí,
- 25 k pouzdru 5 ve směru odstředivé síly vybuzeného pohyblivého členu 2. Tato síla by neměla být příliš velká a měla by jen udržovat požadovaný dotyk pouzdra 5 a závěsu 6. Při vibracemi vybuzeném kmitavém pohybu pohyblivého členu 2 vzniká i odstředivá síla, která působí na tento přímkový (bodový) styk součástí pouzdra 5 a závěsu 6.
- 30 Kombinace pevných a pohyblivých permanentních magnetů 4, 3, 4 vytváří i síly ve směru přímkového uložení. Konstrukce permanentního magnetu/ů 3 fixovaného k pohyblivému členu 2 je navržena vhodně vzhledem k pevným magnetům 4 tak, aby udržovala pohyblivý člen 2 a všechny součásti fixované k tomuto členu v rovnovážné poloze ve směru přímkového styku závěsu 6 a pouzdra 5. Na rámu 1 jsou pro případ vypadnutí pohyblivého členu 2 z této rovnovážné polohy mezi pouzdry 5 umístěny dosedací plochy z kluzkého materiálu, které spolu s magnetickými silami udržují pohyblivý člen 2 v rovnovážné poloze vzhledem k pouzdřům 5. Tyto kluzné dosedací plochy, pokud jsou v záběru, taktéž snižují citlivost vibračního generátoru na okolní vibrace.
- 35 • Pevné a pohyblivé permanentní magnety 4, 3, 4 tvořící pružný člen rezonančního mechanismu vymezují i maximální amplitudu kmitavého pohybu pohyblivého členu 2 s budicím obvodem 8. Vhodně geometricky vyřešený tvar pohyblivého magnetu 3 vůči pevnému magnetu 4 vymezí maximální amplitudu kmitání pohyblivého členu 2. Při maximálním přiblížení magnetu 3 k pevnému magnetu 4 vzniká velká magnetická síla, která má funkci měkkého bezdotykového
- 40 dorazu. Díky tomuto konstrukčnímu vyřešení nenaráží budicí obvod 8 do rámu 1 a/nebo do cívky 7, tento náraz by měl destruktivní charakter vzhledem k funkci vibračního generátoru, při krátkodobém zvýšení amplitudy vibrací, které jsou u reálných technických soustav velmi časté. Mechanický doraz budicího obvodu 8 vůči rámu 1 však musí být zařazen kvůli přetížení špičkovými rázy o velmi vysokém zrychlení, kdy tato magnetická síla může být překonána a následoval by
- 45 náraz některých funkcí částí vibračního generátoru, který by měl neblahé následky na životnost celé soustavy.

Konstrukce cívky 7 je navržena podle požadované velikosti indukovaného napětí (délky vodiče), rozměrových omezení vibračního generátoru, velikosti vybuzeného kmitavého pohybu pohyblivého členu 2 s budicím obvodem 8, ale i v závislosti na velikosti připojené odporové zátěže.

Parametry cívky 7, jedná se zde o průměr použitého vodiče a počet závitů cívky, spolu s velikostí odporové zátěže podstatně ovlivňují elektromagnetické tlumení, které pro generování maximálního výkonu musí být sladěno s celkovým mechanickým tlumením rezonančního mechanismu generátoru.

5

Umístění cívky 7 a tím i její tvar a tvar vzduchové mezery v budicím obvodu 8 závisí na rozměrových možnostech vibračního generátoru a maximální velikosti budicího obvodu sladěno s parametry rezonančního mechanismu. Cívka 7 může být umístěna vodorovně, podélně či svisle vzhledem k pohyblivému členu 2. Cívka může mít libovolný tvar, který vychází ze vzájemné konstrukce cívky 7, budicího obvodu 8 a jeho vybuzeného kmitavého pohybu. Umístění cívky závisí na sladění vstupních a navržených parametrů vibračního generátoru. Jako výhodné pro natáčející se pohyb pohyblivého členu 2 a budicího obvodu 8 je použití svislé pozice cívky, která je tvarována vzhledem k poloměru natáčení budicího obvodu 8.

10

Doporučené je použití konstrukce samonosné cívky bez jádra. Pokud je použita cívka s jádrem, tak magnetické přitažlivé síly od magnetů umístěných v budicím obvodu vzhledem k jádru cívky jsou podstatné a jsou zachycovány ve styku pouzdra 5 a závěsu 6 a vytváří větší třecí síly, čili větší mechanické tlumicí síly, a podstatně snižují citlivost vibračního generátoru na budicí vibrace.

20

K pohyblivému členu 2 je fixován magnetický budicí obvod 8, který díky svému vybuzenému pohybu vůči cívice 7 indukuje elektromotorické napětí a ke generátoru připojená odporová zátěž odebírá výstupní výkon. Člen 8 se skládá z:

25

- Jednoho a nebo více permanentních magnetů, nejlépe pokud jsou použity magnety ze vzácných zemin (např. FeNdB).
- Jednoho a nebo více pólových nadstavců.

30

Nejjednodušší budicí obvod 8 je složen pouze z jednoho permanentního magnetu 83, který spolu s pohyblivým členem 2 kmitá relativně vůči cívice 7. Obecně lze vymyslet mnoho konstrukčních variant uspořádání permanentních magnetů, pólových nadstavců a cívky, či několika cívek.

35

Celá konstrukce a rozestavení budicího obvodu 8 jako celku a cívky 7 je navržena vhodně vzhledem k požadovaným rozměrům vibračního generátoru a k vybuzenému relativnímu pohybu pohyblivého členu 2 při dané intenzitě budicích vibrací a citlivosti rezonančního mechanismu jako celku. Budicí obvod 8 tvoří podstatnou efektivní hmotnost v rezonančním mechanismu a při návrhu rezonančního mechanismu je potřeba uvažovat předpokládané rozměry a parametry budicího obvodu 8 a opačně. Při návrhu konstrukce budicího obvodu 8 a návrhu cívky 7 je potřeba uvažovat předpokládané rozměry a parametry rezonančního mechanismu a návrh konstrukce způsobit predikované amplitudě vybuzeného kmitavého pohybu, který poskytne rezonanční mechanismus při zatížení danými vibracemi a při požadované hodnotě odebíraného výkonu ze systému.

40

45

Přesný návrh parametrů celé konstrukce a konstrukční uspořádání hlavně budicího obvodu 8 a cívky 7 musí probíhat současně s návrhem všech členů vibračního generátoru, protože jednotlivé parametry vibračního generátoru jsou ve vzájemné interakci.

50

Při buzení vibracemi se pohyblivý člen 2 s magnetickým budicím obvodem 8 pohybuje relativně vůči pevné cívice 7, fixované k rámu generátoru. Díky vhodné konstrukci budicího obvodu 8 a cívky 7 způsobuje relativní vybuzený pohyb dostatečnou časovou změnu magnetického toku vinutím cívky a tím indukuje ve vinutí cívky elektromotorické napětí.

55

Celá konstrukce vibračního generátoru může mít i obrácené uspořádání, kdy cívka 7 může být fixována k pohyblivému členu 2 a bude se pohybovat relativně vůči budicímu obvodu 8 fixované-

mu k rámu 1. Konstrukce vibračního generátoru může mít i kombinované uspořádání předchozích případů, kdy část budicího obvodu 8 je pohyblivá a část fixovaná k rámu 1.

Jak je s celého popisu konstrukce elektromagnetického vibračního generátoru zřejmé, jedná se o velmi komplexní technickou soustavu, která využívá koncepci konstrukce rezonančního mechanismu s využitím magnetického pružného členu, jak je patrné z obr. 3a a 3b. Konstrukce cívky 7 a budicího obvodu 8 podstatně závisí na vstupních parametrech, výkonu, maximální velikosti, hmotnosti, frekvenci a amplitudě vibrací. Prakticky může být toto uložení pohyblivého členu 2 provedeno několika způsoby uspořádání závěsu 6 v pouzdře 5: Válcový čep 61 odvalovaný ve válcovém pouzdru 51. Válcový čep 6 odvalovaný v kuželovém pouzdru 52. Břit 63 uložený v pouzdru 5 s drážkou. Hrot(y) 64 uložený v pouzdru 5 s důlkem a/nebo, v pouzdru s drážkou 5. Citlivost vibračního generátoru pak závisí na použitých materiálech a geometrii částí pouzdra 5 a válcového čepu 6. Z tohoto důvodu musí být pro konkrétní vstupní parametry konstrukce cívky 7 a budicího obvodu 8 zkonstruována přímo na míru těmto požadavkům, každému vstupnímu parametru odpovídá jiná vhodná konstrukce cívky 7 a budicího obvodu 8, a zároveň sladěna s parametry rezonančního mechanismu vibračního generátoru.

Jedno s výhodných konstrukčních provedení budicího obvodu 8 a cívky 7 je znázorněno na obr. 4. Budicí obvod 8 se skládá ze 4 permanentních magnetů 83, 84, 85 a 86 umístěných na vnitřním pólovém nástavci 81 a vnějším pólovém nástavci 82. Protilehlé magnety jsou magnetovány ve shodném směru a vytvářejí tak ve vzduchové mezeře mezi nimi dostatečně velkou magnetickou indukci v místě umístění vinutí cívky 7. magnetický tok se uzavírá přes vnitřní pólový nástavec 81 a vnější pólový nástavec 82. Tyto nástavce mají tvar odpovídající poloměru pohybu pohyblivého členu 2 v místě umístění cívky 7. Cívka 7 má tvar obdélníkové samonosné cívky bez jádra. Konstrukce této cívky 7 je tvarována podle již zmíněného poloměru pohybu a kmitající budicí obvod 8 v celém rozsahu kmitajícího pohybu vytváří maximální magnetickou indukci v pevné cívce 7. Tato konstrukce nedovoluje ani při extrémním vybuzení pohybu kontakt budicího obvodu 8 a této cívky 7 a nemůže dojít při přetížení generátoru k porušení vinutí cívky 7.

Funkce výše popsaného elektromagnetického vibračního generátoru je následující: pohyblivý člen 2 s pohyblivým permanentním magnetem(ry) 3 je umístěn mezi pevnými permanentními magnety 4 fixovanými v rámu 1 vibračního generátoru, tak, že pohyblivý permanentní magnet 3 a pevné permanentními magnety 4 mezi sebou vytvářejí odpuzující magnetické síly, které vytvářejí tuhost vibračního generátoru (odpuzující magnety tvoří pružný člen). Kmitavý pohyb pohyblivého členu 2 s budicím obvodem 8 je vyvolán buzením vibracemi dané frekvence, na kterou je generátor naladěn. Naladěná rezonanční (vlastní) frekvence je dána poměrem tuhosti pružného členu 9 a hmotnosti (momentu setrvačnosti) pohyblivého členu 2 s budicím obvodem 8.

Podstata generování elektrické energie spočívá v pohybu budicího obvodu 8 vůči cívce 7. Kmitavý pohyb pohyblivého členu 2 s budicím obvodem 8 je vyvolán budicími vibracemi dané frekvence, na kterou je generátor naladěn. Tento kmitavý pohyb indukuje v cívce 7 elektromotorické napětí a při připojení elektrické zátěže R_z na svorky cívky 7 prochází zátěží proud a připojenou elektrickou zátěží R_z je odebírán elektrický výkon.

Průmyslová využitelnost

Elektromagnetického vibračního generátoru pro získávání elektrické energie z mechanických vibrací, kinetické energie kmitavého pohybu obecně, o frekvenci do 50 Hz (v extrémních případech až do 100 Hz) lze použít pro získávání elektrické energie z mechanických vibrací (kmitavého pohybu obecně) a napájet tak autonomní zařízení a bezdrátové senzory bez nutnosti externího přívodu energie či bez použití primárního či sekundárního galvanického článku nebo baterie. Využití tohoto zařízení je vhodné i pro napájení bezdrátových senzorů a dalších aplikací ve vno-

řených strukturách a konstrukcích bez použití přívodu elektrické energie nebo galvanických článků a baterií.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

10 1. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie sestávající z pohyblivého členu (2) a pružného členu (9) uspořádaného v rámu (1), budicího obvodu (8) fixovaného k pohyblivému členu (2) a cívky (7), přičemž cívka (7) i budicí obvod (8) jsou pohyblivě uspořá-
dány vůči sobě tak, že magnetické pole alespoň jednoho permanentního magnetu (83) je schopno
15 indukovat napětí v cívce (7). **vyznačující se tím**, že má pružný člen (9) tvořený
pevnými permanentními magnety (4) fixovanými v rámu (1) a jedním nebo více pohyblivými
permanentními magnety (3) fixovanými k pohyblivému členu (2) s budicím obvodem (8) opatře-
ným závěsem (6) uloženým v pouzdru (5), přičemž budicí obvod (8) tvoří alespoň jeden perma-
nentní magnet (83) uspořádaný na alespoň jednom pólovém nástavci (81), pro vytvoření magne-
tického toku v cívce (7), přičemž cívka (7) je staticky uspořádána na rámu (1) vůči budicímu
20 obvodu (8), kolem níž se tento suvně pohybuje.

2. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie podle nároku 1, **vy-
značující se tím**, že pružný člen (9) je tvořený pevnými permanentními magnety (4)
fixovanými v rámu (1) a jedním nebo více pohyblivými permanentními magnety (3), přičemž
25 vzájemná poloha pevných a pohyblivých permanentních magnetů (3 a 4) vytváří stykovou sílu
pouzdra (5) vůči závěsu (6).

3. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie podle nároku 1, **vy-
značující se tím**, že závěs (6) je proveden jako válcový čep (61) odvalovaný ve válcov-
30 ém pouzdru (51).

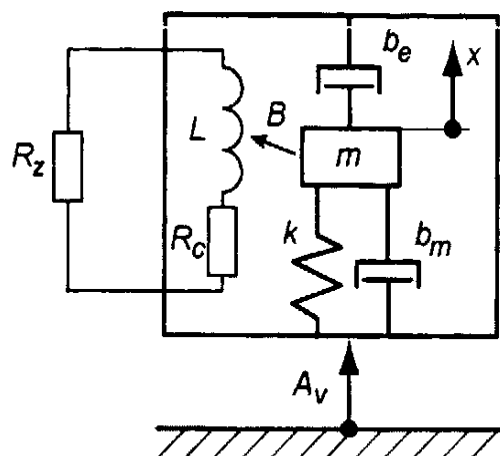
4. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie podle nároku 1, **vy-
značující se tím**, že závěs (6) je proveden jako válcový čep (61) odvalovaný v kuželov-
vém pouzdru (52).

35 5. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie podle nároku 1, **vy-
značující se tím**, že závěs (6) je proveden jako břít (63) uložený v pouzdru (53) s dráž-
kou.

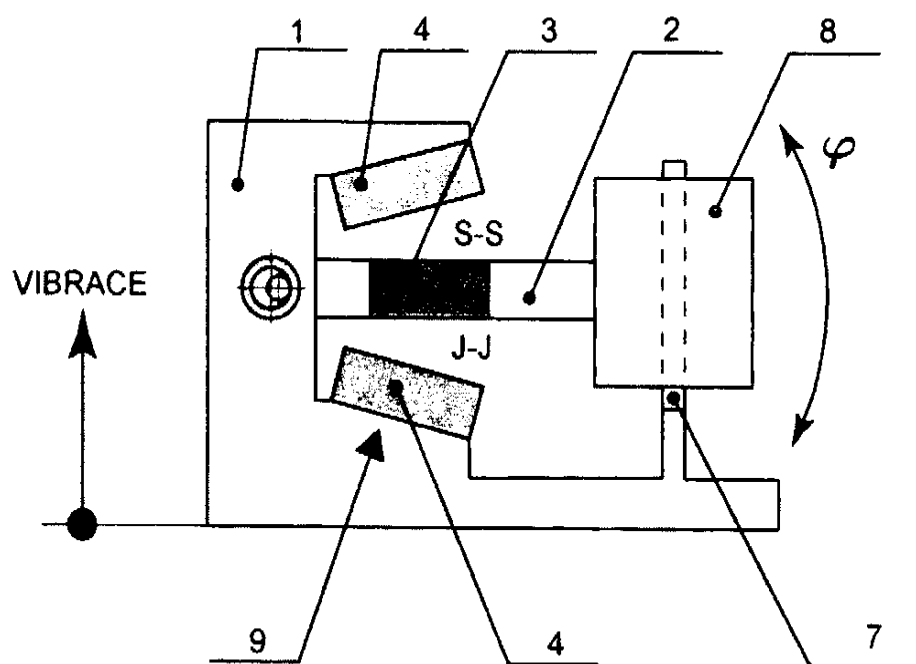
40 6. Elektromagnetický vibrační generátor pro výrobu elektrické energie podle nároku 1, **vy-
značující se tím**, že závěs (6) je proveden jako hrot (64) uložený v pouzdru (54)
opatřeném důlkem.

45

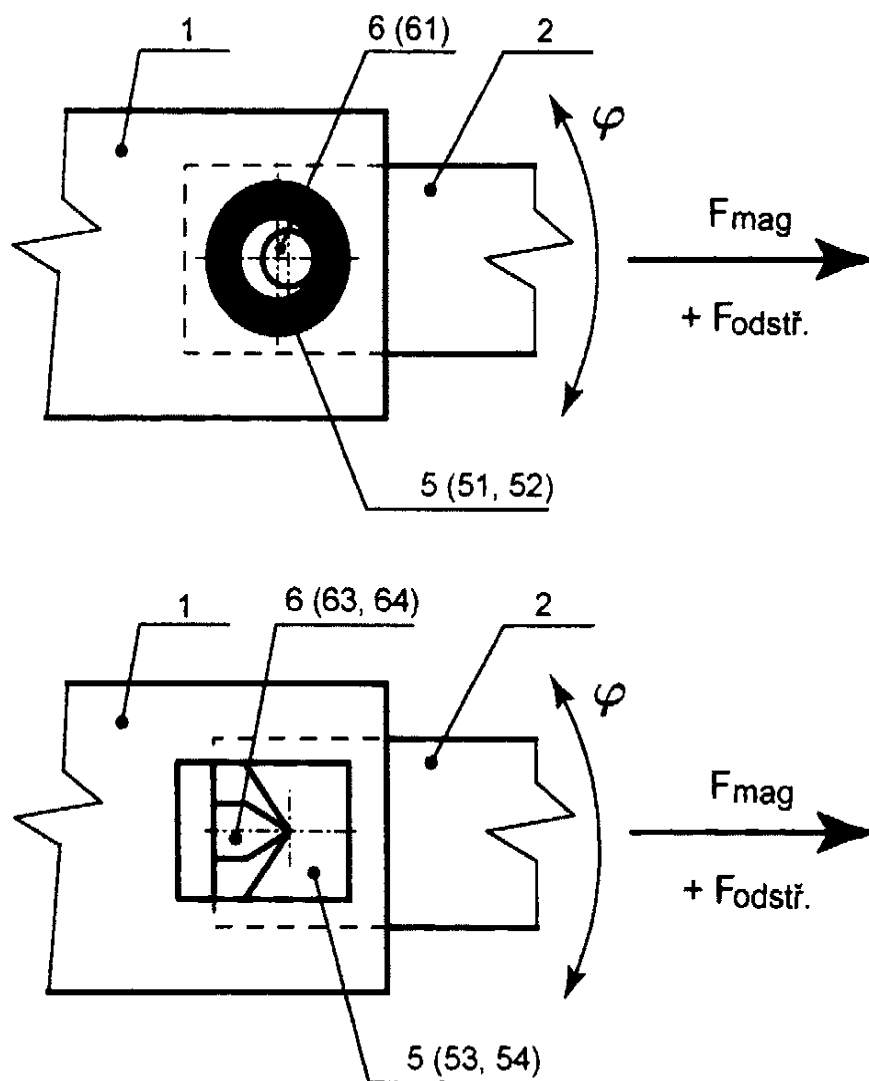
4 výkresy



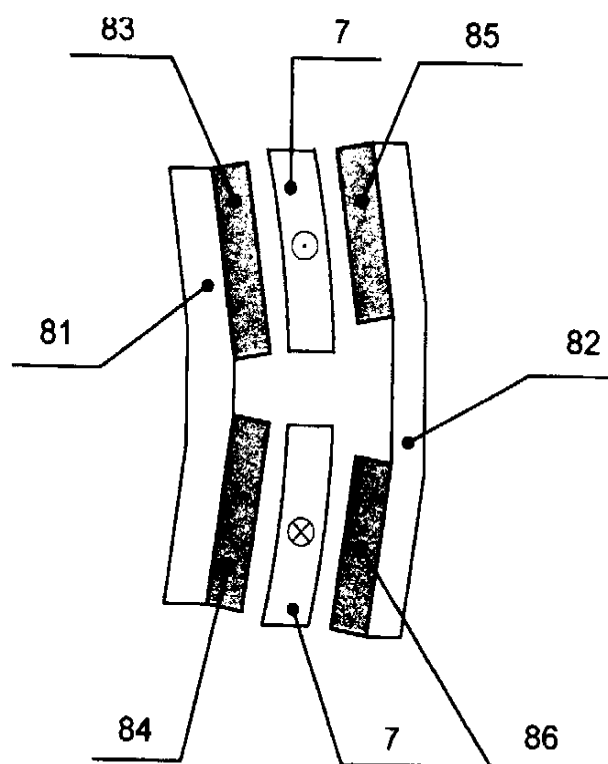
Obr. 1



Obr.2



Obr. 3a a 3b



Obr.4

Konec dokumentu
