



УКРАЇНА

(19) UA (11) 28407 (13) U
(51) МПК (2006)
B64G 1/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЗАСТОСУВАННЯ ПАСИВНОГО АВТОБАЛАНСИРА ЯК ДЕМПФЕРА КУТА НУТАЦІЇ СПЛЮСНУТОГО ОБЕРТОВОГО КОСМІЧНОГО АПАРАТА

1

(21) u200708020

(22) 16.07.2007

(24) 10.12.2007

(72) ФІЛІМОНІХІНА ІРИНА ІВАНІВНА, UA,
ФІЛІМОНІХІН ГЕННАДІЙ БОРИСОВИЧ, UA(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56)

(57) 1. Застосування пасивного автобалансира як
демпфера кута нутації сплюснутого обертового
космічного апарата.2. Застосування за п. 1, яке відрізняється тим, що
космічний апарат статично незрівноважений,
відстань від центра мас космічного апарата до
площини корекції не перевищує $[C - \max(A, B)] / (M_{\Sigma} b)$,

де:

b - відстань від центра мас космічного апарата до
площини статичного дисбалансу,

A, B - екваторіальні,

2

C - повздовжній головні центральні осьові моменти
інерції космічного апарата, M_{Σ} - його маса.3. Застосування за п. 2, яке відрізняється тим, що
площина корекції пасивного автобалансира
суміщена із площиною статичного дисбалансу
космічного апарата.4. Застосування за пп. 1-3, яке відрізняється тим,
що пасивний автобалансир є класичним.5. Застосування за п. 4, яке відрізняється тим, що
пасивний автобалансир є кульовим або
роликотим, або маятниковим, або кільцевим.6. Застосування за пп. 1-3, яке відрізняється тим,
що пасивний автобалансир є неklasичним.7. Застосування за п. 6, яке відрізняється тим, що
коригувальні вантажі пасивного автобалансира
обертаються навколо поперечних осей космічного
апарата або повздовжньої і поперечної осей
космічного апарата, або двох осей, які не є
повздовжніми відносно космічного апарата, або
здійснюють сферичний рух навколо точки на
повздовжній осі космічного апарата.

Корисна модель може бути використана для
зменшення кута нутації сплюснутого обертового
космічного апарата, зокрема штучного супутника
Землі, положення якого у просторі стабілізується
обертанням, зокрема у випадку, коли він статично
не зрівноважений.

Відомі демпфери кута нутації сплюснутого
обертового космічного апарата, які складаються з
твердих тіл, які приєднуються до космічного
апарата із можливістю відносного руху із
розсіянням енергії [Рейтер Г.С., Томсон У.Т.
Вращательное движение пассивных космических
аппаратов. - В кн.: Проблемы ориентации ИСЗ, М.:
Наука, 1966. с. 336 - 350.]. Ці пристрої обрані у
якості аналогів.

Недоліком пристроїв є те, що вони не
усувають кут нутації, викликаний
незрівноваженістю космічного апарата. Навіть
при зрівноваженому космічному апараті демпфери

можуть самі вносити дисбаланс і як наслідок -
залишковий кут нутації.

Корисна модель вирішує задачу зменшення
кута нутації сплюснутого обертового космічного
апарата, зокрема у випадку, коли цей кут
викликаний статичним дисбалансом.

Відомі пасивні автобалансири, які
складаються із твердих тіл - коригувальних
вантажів, які приєднуються до швидкообертового
ротора із можливістю відносного руху із
розсіянням енергії [Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження
і віброзахист роторів автобалансирами з твердими
коригувальними вантажами. - Кіровоград: КНТУ,
2004. - 352 с.]. Ці пристрої призначені для
зрівноваження швидкообертових роторів на ходу.
Тверді тіла в цих пристроях з часом самі
приходять у положення, у якому зрівноважують
ротор і далі обертаються з ним як одне ціле.

Вирішення задачі полягає у тому, що відомий
пасивний автобалансир уперше застосовується як

(13) U

(11) 28407

(19) UA

демпфер кута нутації сплюсненого обертового космічного апарата. Якщо космічний апарат статично незрівноважений, то для зменшення кута нутації від статичного дисбалансу відстань від центра мас космічного апарата до площини корекції не повинна перевищувати $[C - \max(A, B)] / (M_{\Sigma} b)$, де b - відстань від центра мас космічного апарата до площини статичного дисбалансу, A, B - екваторіальні, C - повздовжній головні центральні осьові моменти інерції

космічного апарата, M_{Σ} - його маса. В цьому випадку для повного усунення кута нутації від статичного дисбалансу площина корекції пасивного автобалансира повинна співпадати із площиною статичного дисбалансу. Пасивний автобалансир може бути класичним (у якого центри мас коригувальних вантажів рухаються по колам із центром на повздовжній осі обертового тіла, причому площина кіл перпендикулярна повздовжній осі), зокрема кульовим, роликовим, маятниковим, кільцевим тощо. Пасивний автобалансир може бути некласичним (коригувальні вантажі здійснюють інший рух, ніж коригувальні вантажі у класичних автобалансирах), зокрема таким, у якого коригувальні вантажі обертаються навколо поперечних осей космічного апарата, повздовжньої і поперечної осей космічного апарата, двох осей, які не є повздовжніми щодо космічного апарата, здійснюють сферичний рух навколо точки на повздовжній осі космічного апарата.

Застосування пасивного автобалансира за новим призначенням можливе за наступних підстав. З теорії демпферів кута нутації відомо, що космічний апарат у початковий момент часу має кут нутації, викликаний як дисбалансом, так і неточним наданням початкового обертання космічному апарату. Остання складова призводить до руху відносно космічного апарата твердих тіл демпфера і як наслідок - до розсіяння енергії. Також відомо, що у випадку сплюсненого обертового космічного апарата розсіяння енергії призводить до зменшення кута нутації від неточного надання обертання, а у випадку витягнутого космічного апарата - до зростання цього кута. Застосування пасивного автобалансира як демпфера кута нутації сплюсненого обертового космічного апарата можливе тому, що він, як і демпфер, утворюється приєднаними до космічного апарата твердими тілами - коригувальними вантажами. За наявності кута нутації, викликаного неточним наданням обертання космічному апарату, вони будуть рухатися відносно останнього. Це призведе до розсіювання енергії, що забезпечить зменшення зазначеного кута нутації. Тому у будь-якому разі пасивний автобалансир буде зменшувати зазначену складову кута нутації, чим буде працювати як демпфер.

Якщо космічний апарат статично незрівноважений, то за умови, що площина корекції пасивного автобалансира розташована на відстані до центра мас космічного апарата, що не

перевищує $[C - \max(A, B)] / (M_{\Sigma} b)$, де b - відстань від центра мас космічного апарата до площини статичного дисбалансу, A, B - екваторіальні, C - повздовжній головні центральні осьові моменти

інерції космічного апарата, M_{Σ} - його маса, коригувальні вантажі пасивного автобалансира будуть приходити у положення, у якому найбільше зрівноважують космічний апарат, чим зменшать складову кута нутації, викликану статичною незрівноваженістю. При цьому повне усунення кута нутації відбудеться у випадку, коли площина корекції пасивного автобалансира суміщена із площиною статичного дисбалансу. Зауважимо, що неможливе усунення кута нутації, викликаного моментною незрівноваженістю космічного апарата. Пасивний автобалансир може бути як класичним, так і некласичним, причому тип автобалансира принципово не впливає на процес зменшення кута нутації.

На Фіг.1 зображений сплюснутий космічний апарат, у якого площина статичного дисбалансу не співпадає із площиною корекції, на Фіг.2 - статично, а на Фіг.3 - моментно незрівноважений космічний апарат, на Фіг.4 зображений сплюснутий космічний апарат, у якого площина статичного дисбалансу співпадає із площиною корекції, на Фіг.5 зображений кільцевий автобалансир, на Фіг.6 - кульовий, чи роликовий однорядний автобалансир, на Фіг.7 - кульовий, чи роликовий дворядний автобалансир, на Фіг.8 - маятниковий автобалансир, на Фіг.9 - автобалансир, у якого коригувальні вантажі обертаються навколо поперечних осей космічного апарата, на Фіг.10 - автобалансир, у якого коригувальний вантаж обертається навколо повздовжньої і поперечної осей космічного апарата, на Фіг.11 - автобалансир, у якого коригувальний вантаж обертається навколо двох осей, які не є повздовжніми щодо космічного апарата, на Фіг.12 - автобалансир, у якого коригувальний вантаж здійснює сферичний рух навколо точки на повздовжній осі космічного апарата.

Приклади конкретного виконання.

Приклад 1: На Фіг.1 показаний сплюснутий статично незрівноважений космічний апарат 1, який повинен обертатися навколо повздовжньої осі 2, який статично незрівноважений, причому площина статичного дисбалансу 3 не співпадає із площиною корекції пасивного автобалансира 4. Відстань $|GK|$ від центра мас космічного апарата - точки G до площини корекції - точки K не перевищує

$$|GK| < [C - \max(A, B)] / (M_{\Sigma} b), \quad (1)$$

де:

$b = |GO|$ - відстань від центра мас космічного апарата до площини статичного дисбалансу,

A, B - екваторіальні,

C - повздовжній головні центральні осьові моменти інерції космічного апарата,

M_{Σ} - його маса.

Пасивний автобалансир буде працювати у якості демпфера кута нутації сплюсненого обертового космічного апарата наступним чином. При наявності кута нутації від неточного надання

початкового обертання космічному апарату коригувальні вантажі пасивного автобалансир будуть рухатися відносно космічного апарата. При цьому буде розсіюватися енергія. Оскільки космічний апарат - сплюснутий, то розсіяння енергії призведе до зменшення кута нутації, викликаного неточним наданням обертання космічному апарату.

Розглянемо умови, за яких пасивний автобалансир буде зменшувати, або повністю усуне кут нутації, викликаний статичним дисбалансом. На Фіг.2 показаний статично незрівноважений сплюснутий обертовий космічний апарат. Статичну незрівноваженість створює елементарна маса dm . Оскільки складова кута нутації від неточного надання обертання усунута, то космічний апарат буде обертатися навколо головної центральної осі інерції w . При цьому залишиться складова кута нутації δ , викликана статичною незрівноваженістю, причому

$$\delta \approx -J_{xz} / (C - A),$$

де $J_{xz} = -|GO|dm = -rbdm$ - відцентровий момент інерції космічного апарата відносно осей GXYZ (вісь Y спрямована на нас і не показана). З точністю до величин першого порядку малості відносно dm включно

$$\delta x_K - \delta |GK|,$$

де $x_G = -rdm/M_\Sigma$ - координата центра мас космічного апарата відносно осей GXYZ.

Відомо, що для того, щоб відбувалося автобалансування треба, щоб центр пасивного автобалансир - точка K відхилявся від осі обертання космічного апарата протилежно вектору статичного дисбалансу ds , викликавшому це відхилення. Для цього треба виконання умови

$$\delta x_K = rdm/M_\Sigma - |GK| \cdot brdm / (C - A) < 0,$$

з якої знаходимо умову, що відстань від центра мас космічного апарата до площини корекції не повинна перевищувати

$$|GK| < (C - A) / (M_\Sigma b).$$

Аналогічну умову $|GK| < (C - A) / (M_\Sigma b)$ можна одержати для іншої головної площини космічного апарата G_{yz} . Остаточно матимемо, що пасивний автобалансир буде зменшувати статичний дисбаланс при виконанні умови (1).

На Фіг.3 показано обертання космічного апарата навколо головної центральної осі інерції w у випадку моментного дисбалансу. В цьому випадку де b не розташувати центр пасивного автобалансир - точку K, він буде відхилятися у бік одного з векторів дисбалансу. Тому пасивний автобалансир не зможе зменшувати кут нутації, викликаний моментним дисбалансом.

Приклад 2: по прикладу 1, Фіг.4, що відрізняється тим, що площина корекції пасивного автобалансир 4 співпадає із площиною статичного дисбалансу 3. В цьому випадку пасивний автобалансир повністю усуне кут нутації від статичного дисбалансу, після чого космічний апарат 1 буде обертатися навколо повздовжньої осі 2.

Приклад 3: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що пасивний автобалансир - кільцевий - Фіг.5.

Приклад 4: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що пасивний автобалансир - однорядний кульовий, чи роликовий - Фіг.6.

Приклад 5: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що пасивний автобалансир - дворядний кульовий, чи роликовий - Фіг.7.

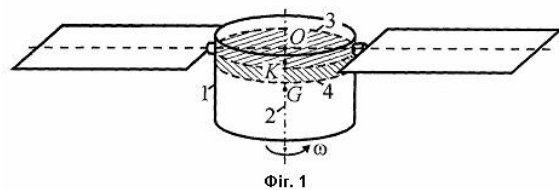
Приклад 6: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що пасивний автобалансир - маятниковий - Фіг.8.

Приклад 7: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що у пасивного автобалансир коригувальні вантажі обертаються навколо поперечних осей космічного апарата - Фіг.9.

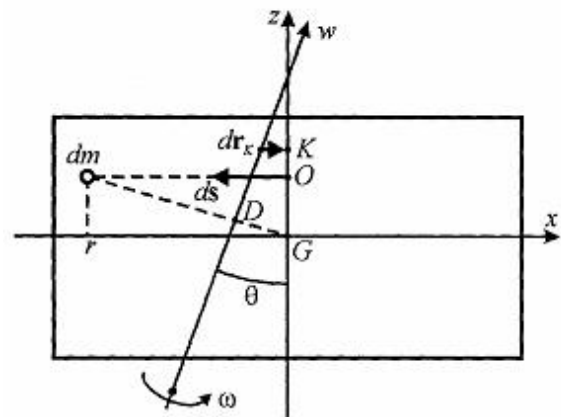
Приклад 8: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що у пасивного автобалансир коригувальний вантаж обертається навколо повздовжньої і поперечної осей космічного апарата - Фіг.10.

Приклад 9: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що у пасивного автобалансир коригувальний вантаж обертається навколо двох осей, які не є повздовжніми щодо космічного апарата - Фіг.11.

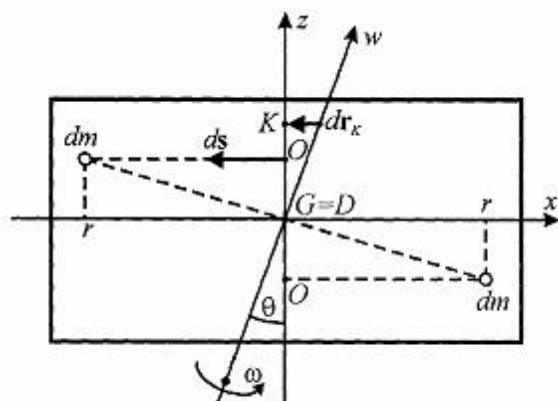
Приклад 10: по прикладу 1 чи 2, що відрізняється тим, що у пасивного автобалансир коригувальний вантаж здійснює сферичний рух навколо точки на повздовжній осі космічного апарата - Фіг.12.



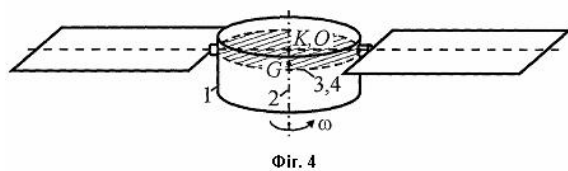
Фіг. 1



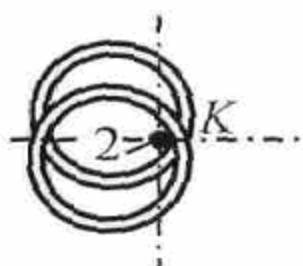
Фіг. 2



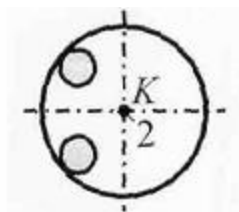
Фиг. 3



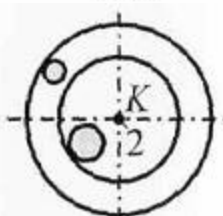
Фиг. 4



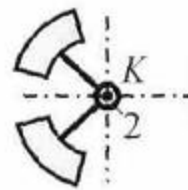
Фиг. 5



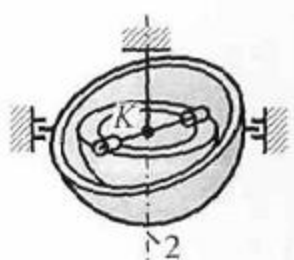
Фиг. 6



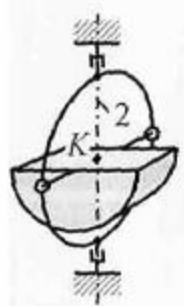
Фиг. 7



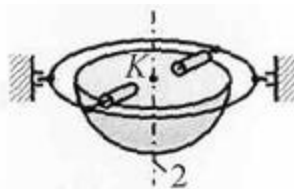
Фиг. 8



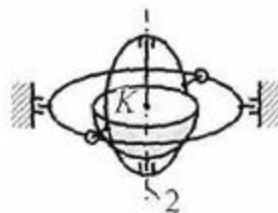
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12