

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗРІВНОВАЖЕННЯ РОТОРА ЗВ'ЯЗАНИМИ
МАЯТНИКАМИ, НАСАДЖЕНИМИ НА ОСІ, ПЕРПЕНДИКУЛЯРНІ ВАЛУ
РОТОРА*

Для зрівноваження роторів центробіжних машин, колінчастих валів, абразивних кругів шліфувальних машин, роторів турбогенераторів та інших, які швидко обертаються, застосовуються пасивні автобалансири, такі, як маятникові, кільцеві чи кульові [1]. Корегуючі вантажі в них з часом самі приходять в те положення, в якому зрівноважують ротор і далі обертаються з ним як одне жорстке ціле, поки не почне змінюватися дисбаланс чи швидкість обертання ротора.

Першим недоліком вказаних пристроїв є те, що корегуючі вантажі в них навіть при зрівноваженому роторі діють з значними силами на: вал ротора, коли це маятники і кільця; бігову доріжку, коли це кульки. Це зменшує точність балансування роторів і приводить до значного залишкового дисбалансу.

Другим недоліком є те, що корегуючі вантажі чутливі до зміни швидкості обертання ротора і під дією тангенціальних сил інерції залишають те положення, в якому його зрівноважують.

Третім недоліком пристроїв є те, що в момент пуску чи вибігу ротора корегуючі вантажі вносять найбільший можливий додатковий дисбаланс в систему, і тим самим роблять ці процеси неспокійними.

Виходячи з наявних матеріалів в [2], з метою вирішення вказаних недоліків вперше запропоновано зрівноважувати ротор з'єднаними під прямим кутом маятниками, насадженими на осі, перпендикулярні валу ротора. Це принципово нова конструкція корегуючої маси, бо в такому пристрої вона рухається у площині, яка проходить через вісь вала ротора. В усіх класичних пасивних автобалансирах корегуючі вантажі рухаються у площинах, перпендикулярних валу.

Розглянемо поведінку однієї пари зв'язаних маятників в полі центробіжних сил (рисунок 1). На маятники діють сили інерції $J_1 = m\rho_1\omega^2 = ml\omega^2 \sin \alpha$, $J_2 = m\rho_2\omega^2 = ml\omega^2 \cos \alpha$, які зводяться до рівнодійної

$$J = J_1 - J_2 = ml\omega^2 (\sin \alpha - \cos \alpha) = \sqrt{2}ml\omega^2 \sin \beta. \quad (1)$$

Тут $\sqrt{2}l \sin \beta = \rho_c$ - відстань від спільного центру мас маятників до осі обертання. Рівнодійна прикладена в точці підвісу маятників і направлена в бік більшої сили інерції. Тому маятники зрівноважують дисбаланс, який знаходиться в площині, перпендикулярній валу і яка проходить через точку підвісу O . Ця площина і є площиною корекції. Момент сил інерції відносно осі O :

$$M_O = J_1 h_1 - J_2 h_2 = ml\omega^2 \sin \alpha \cdot l \cos \alpha - ml\omega^2 \cos \alpha \cdot l \sin \alpha \equiv 0. \quad (2)$$

Таким чином, маятники під дією центробіжних сил інерції знаходяться в стані байдужої рівноваги. Сили ваги цей стан порушують.

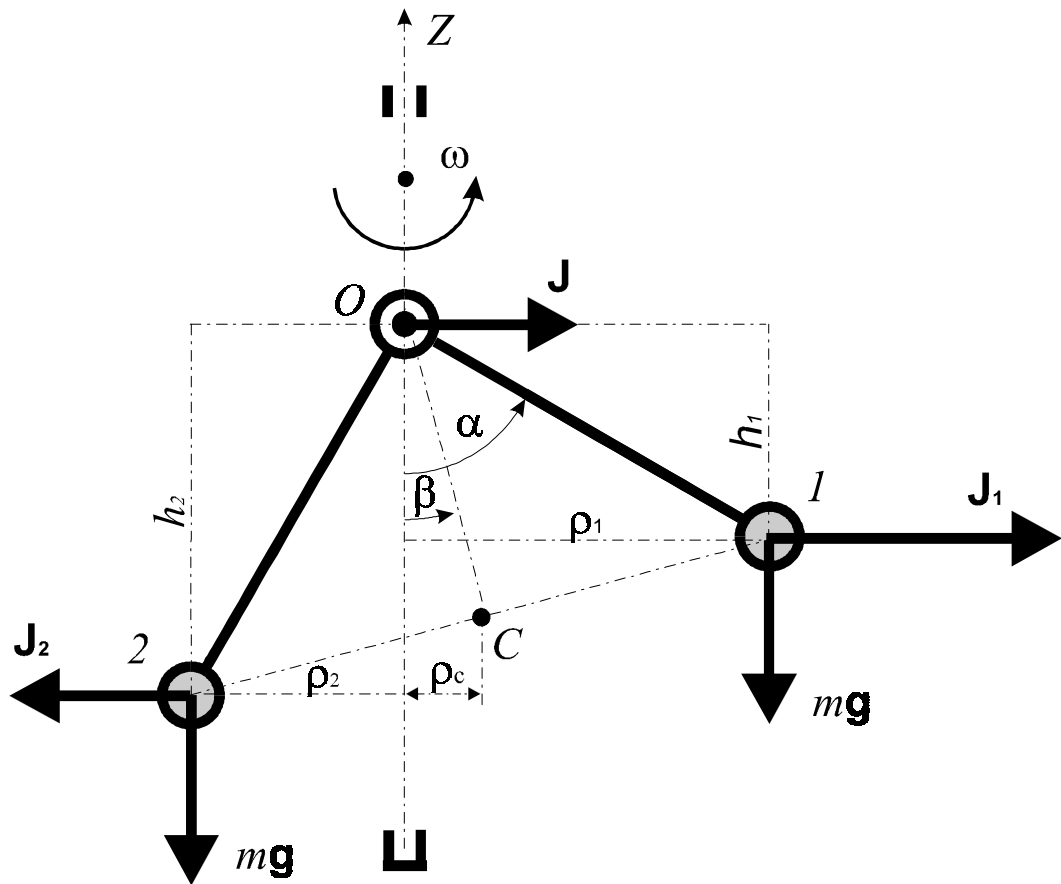


Рисунок 1

На рисунку 2 показана схема ротора і першого запропонованого автобалансира. Ротор зрівноважується двома зв'язаними маятниками 1, 2, кут між якими 90° . Маятники вільно насаджені на вісь 3, перпендикулярну валу. Остання жорстко зв'язана з втулкою 4, яка може вільно обертатися навколо вала 5.

Зрівноваження ротора засновано на тому, що на закритичних швидкостях обертання ротора його центр мас намагається наблизитися до осі обертання. При цьому точка підвісу маятників відхиляється в легкий бік ротора. Внаслідок цього відбуваються такі процеси:

- 1) втулка 4 обертається навколо вала 5 і площина маятників суміщається з площиною, що проходить через дисбаланс і вал ротора;
- 2) маятники 1, 2 повертаються навколо осі 3 в легкий бік ротора і зменшують дисбаланс в протилежному напрямку.

Ідеальному зрівноваженню ротора перешкоджають сили ваги, що діють на маси системи. Вони дещо наближають спільний центр ваги двох маятників (на рисунку 1 - точку E) до осі обертання.

В другому варіанті пристрою – дві пари з'єднаних під прямим кутом маятників насаджені на дві взаємно-перпендикулярні осі, жорстко зв'язані з валом ротора. Дві пари маятників зрівноважують відповідні складові повного вектора дисбаланса у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

В запропонованих пристроях маятники діють на осі, на які вони насаджені, з найменшими зусиллями, бо маятники відхиляються від осі обертання рівно

настільки, щоб своїм дисбалансом зрівноважити дисбаланс ротора. Це зменшує залишковий дисбаланс в системі і тим самим підвищує якість її балансування.

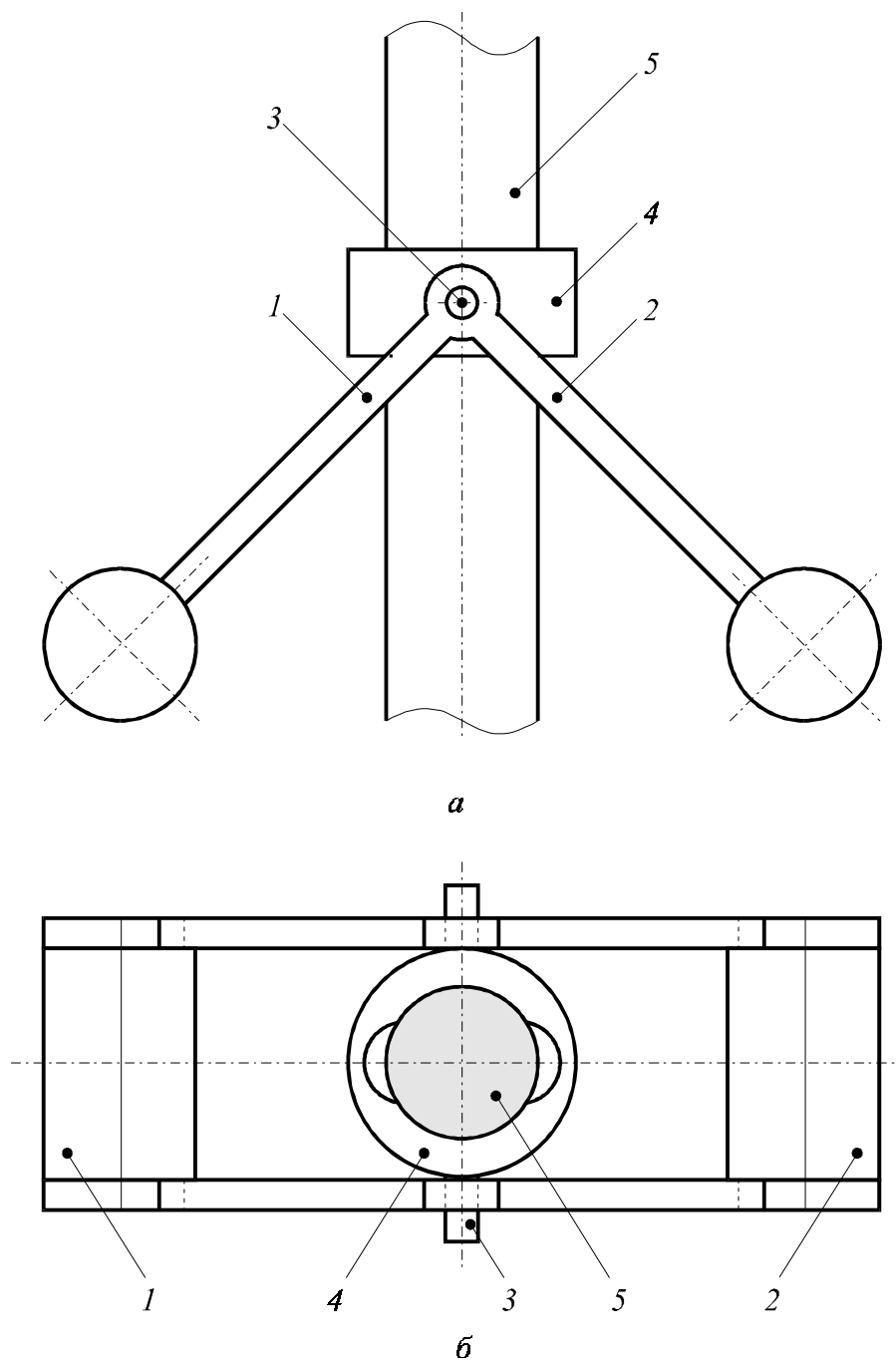


Рисунок 2

Якщо ротор встановлений вертикально, то маятники при нерухомому роторі не вносять додатковий дисбаланс в систему, бо центр ваги кожної пари суміщається з віссю обертання. Це приводить до спокійного розгону ротора. Під час сповільнення кутової швидкості обертання ротора сили ваги починають домінувати над силами інерції і тому центри мас кожної пари маятників будуть наближатися до осі обертання. Це значно зменшує додатковий дисбаланс, що вносять маятники при гальмуванні ротора і тому цей процес буде спокійнішим.

В другому пристрої маятники додатково нечуттєві до зміни кутової швидкості обертання ротора і синхронно розганяються і гальмують разом з ним. Зауважимо, що в роботах [5, 6] пристрої, що мають останню властивість, реалізовані складніше. В них маятники діють з значними силами на осі, на які насаджені, бо рухаються у площинах, перпендикулярних валу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гусаров А.А., Сусанин В.И. и др. Автоматическая балансировка роторов машин. М.: «Наука», 1979, 151 с.
2. Філімоніхін Г.Б. Автобалансуючий пристрій / заявка на винахід №95031322/16/1049 від 23.03.95 р.
3. Филимоныхин Г.Б. Автобалансиры со связанными маятниками, насаженными на оси, перпендикулярные валу // Материалы I Всеукраинского съезда по теории механизмов и машин. Харьков, 18-20 июня 1997. С.66
4. Филимоныхин Г.Б. О динамике уравнивания ротора связанными маятниками, насаженными на оси, перпендикулярные валу // Материалы международной конференции “Моделирование и исследование устойчивости систем”. Киев, 19-23 мая 1997. С.135
5. Филимоныхин Г.Б. Автобалансирующее устройство / А.с. СССР №1795319. - 1993. - Бюл. №6.
6. Філімоніхін Г.Б. Автобалансуючий пристрій / Патент України на винахід №21797 А. – 1998. – Бюл. №2

**Філімоніхін Г.Б. Про можливість зрівноваження ротора зв'язаними маятниками, насадженими на осі, перпендикулярні валу ротора // Загальнодержавний міжвідомчий н.-т. збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», 1999. Вип.№27, С.173-176.*