



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 52429

(13) A

(51) B G01M1/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ БАЛАНСУВАННЯ РОТОРІВ

1

2

(21) 2002053949

(22) 14 05 2002

(24) 16 12 2002

(46) 16 12 2002, Бюл. № 12, 2002 р.

(72) Філімоніхін Геннадій Борисович

(73) Філімоніхін Геннадій Борисович

(57) 1 Спосіб балансування роторів, що полягає у тому, що по повздожній осі ротора спрямовують лазерний промінь, надають ротору обертання і по колу, яке описує промінь на екрані, встановленому перпендикулярно до осі обертання ротора, визначають величину дисбалансу, який потім усувають у одній чи двох площинах корекції, який відрізняється тим, що положення точки лазерного променя на екрані визначається для моменту, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут

2 Спосіб балансування роторів по п. 1, який відрізняється тим, що для визначення положення точки лазерного променя на екрані в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут, використовується блок синхронного вмикання лазерного променя

3 Спосіб балансування роторів по п. 1, який відрізняється тим, що для визначення положення точ-

ки лазерного променя на екрані в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут, використовується поляризований фільтр

4 Спосіб балансування роторів по п. 3, який відрізняється тим, що перед екраном встановлюється щит з вузькою прямолінійною щільною, яка починається з осі обертання ротора

5 Спосіб балансування роторів по п. 1, який відрізняється тим, що визначення положення точки лазерного променя на екрані в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут, здійснюється миттєвим зніманням координат точки

6 Спосіб балансування роторів по пп. 1, 2, 3, 4, 5, який відрізняється тим, що екран може рухатись по осі вала ротора

7 Спосіб балансування роторів по пп. 1, 2, 3, 4, 5, який відрізняється тим, що екран напівпрозорий і за ним встановлений другий екран

8 Спосіб балансування роторів по пп. 1, 2, 3, 4, 5, який відрізняється тим, що аналогічно спрямовується другий лазерний промінь у протилежний по відношенню до першого променя бік і з його боку встановлюється другий екран

Винахід відноситься до машинобудування і може бути використаний при балансуванні роторів відцентрових машин, автомобільних коліс, та іншого до початку експлуатації

Відомий спосіб балансування роторів, що полягає у тому, що по повздожній осі ротора спрямовують лазерний промінь, надають ротору обертання і по колу, яке описує промінь на екрані, встановленому перпендикулярно до осі обертання ротора, визначають величину дисбалансу, який потім усувають у одній чи двох площинах корекції (див. Філімоніхін Г.Б. Универсальный стенд для исследования динамики пассивных автобалансиоров и его апробация шаровым автобалансиором // Сборник научных работ КДТУ, -2001. Вып. № 9, -С. 101 - 107)

Цей же спосіб обраний у якості прототипу

Першим недоліком способу є те, що напрям вектору дисбалансу визначається шляхом послі-

довних спроб, що значно збільшує тривалість процесу балансування. Другим недоліком способу є те, що для виявлення повного дисбалансу потрібно обертати ротор з різними сталими кутовими швидкостями, що ускладнює процес повного балансування

Винахід вирішує задачі зменшення тривалості процесу балансування шляхом визначення напрямку дисбалансу у одній чи двох площинах корекції, спрощення процесу повного балансування шляхом визначення повного дисбалансу при обертанні ротора з однією сталою кутовою швидкістю

Задача визначення напрямку дисбалансу у площині корекції вирішується визначенням положення точки лазерного променя на екрані у момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут. Визначення положення точки зокрема забезпечують такими способами блоком синхронного вмикання лазерного променя в момент, коли

(13) A

(11) 52429

(19) UA

ротор займає відносно землі фіксоване положення, розташуванням перед екраном поляризованого фільтру, розташуванням перед екраном щита з вузькою прямою щілиною, яка починається від осі обертання ротора і використанням поляризованого фільтру, миттєвим зніманням координат точки на екрані в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут. Задача спрощення процесу повного балансування шляхом визначення повного дисбалансу при обертанні ротора з однією сталою кутковою швидкістю вирішується такими способами: екрану надається можливість рухатися вздовж осі обертання ротора, на шляху лазерного променя встановлюються два екрани, перший з яких виконаний з напівпрозорого матеріалу, через який промінь частково проходить до другого екрану, по осі вала ротора спрямовується другий лазерний промінь, спрямований у протилежний бік по відношенню до першого променя і з його боку встановлюється другий екран.

При нерухомому екрані спосіб може бути використаний для статичного зрівноваження ротора у одній площині корекції. При рухомому екрані спосіб дозволяє зрівноважувати повний дисбаланс ротора у двох площинах корекції.

Приклади конкретного виконання

Приклад 1. Схеми 1, 2 ілюструють здійснення способу при зрівноваженні консольного ротора.

На схемі 1 горизонтальний ротор 1 насаджений на гнучкий вал 2, який утримує опора 3. По осі 4 вала ротора спрямований лазерний промінь 5. При нерухомому роторі вал 2 недеформований і промінь 5 падає точкою $O_{1(2)}$ на вертикальний екран 6, площина якого перпендикулярна осі обертання ротора 7 і який може рухатись вздовж цієї осі. Блок синхронного вмикання лазерного променя (на схемі не показаний) вмикає лазерний промінь у момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут. На екрані нанесена координатна сітка - система координат $O_{1(2)}X_{1(2)}Z_{1(2)}$ із центром у точці $O_{1(2)}$ (можливе використання і іншої, наприклад полярної системи координат).

Спосіб здійснюється наступним чином.

Ротору 1 надається закритична швидкість обертання. У наслідок явища самоцентрування головна центральна вісь ротора фактично співпадає з віссю обертання ротора 7, а вісь вала ротора 4 обертається разом з ротором як одне ціле. Положення осі вала ротора 4 у просторі по відношенню до ротора, повернутого на певний кут відносно землі, визначається координатами двох точок у просторі, які утворюються при падінні лазерного променя на екран, послідовно встановлений на двох різних відстанях y_1, y_2 . Якщо координати цих точок $M_1(x_1, y_1, Z_1), M_2(x_2, y_2, Z_2)$, то рівняння осі вала ротора матиме вигляд

$$x = x_1 + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}(y - y_1), \quad y \in (0, h), \quad z = z_1 + \frac{z_2 - z_1}{y_2 - y_1}(y - y_1)$$

За допомогою цього рівняння визначаються координати точок O_1, O_2 , в яких головна центральна вісь ротора перетинає площини корекції I-I, II-II, які співпадають з торцями ротора.

$$O_1 \left(-x_1 + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} y_1, 0, -z_1 + \frac{z_2 - z_1}{y_2 - y_1} y_1 \right)$$

$$O_2 \left(-x_1 - \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} (h - y_1), h, -z_1 - \frac{z_2 - z_1}{y_2 - y_1} (h - y_1) \right)$$

Тут

- h - довжина ротора,

- координати визначені для положення ротора, коли він повернутий відносно землі на певний кут, відносно осей X_p, Z_p і X_p, Z_p , що починаються на осі вала ротора і паралельні

осям $X_{1(2)}Z_{1(2)}$

На схемі 2 показано розташування двох пар коригувальних мас 8 і 9 в площинах корекції I-I і II-II відповідно. Куты φ, ψ розраховуються, або підбираються методом послідовних спроб, для чого ротор перезапускається певну кількість разів. При повному зрівноваженні ротора лазерний промінь буде вказувати в точку O екрана при будь-якому його віддаленні від ротора.

Таким чином, вмикання лазерного променя в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут, дозволяє визначити напрями векторів дисбалансів у двох площинах корекції, що прискорює процес балансування, бо раніше ці напрями треба було шукати методом послідовних спроб. Використання рухомого екрана дозволяє визначити дисбаланс в двох площинах корекції при обертанні ротора з однією кутковою швидкістю. Це спрощує процес, бо не треба, на відміну від способу - прототипу змінювати куткову швидкість обертання ротора.

Приклад 2. В другому прикладі, на відміну від першого, замість блоку синхронного вмикання лазерного променя використовується поляризований фільтр 10, який встановлюється перед екраном 6 (схема 3).

Спосіб реалізується так. Ротор повертається навколо осі обертання і фіксується такий його кут повороту, при якому зникає точка O лазерного променя на екрані. Відносно цього положення ротора і визначатимуться напрями векторів дисбалансів у двох площинах корекції. Для цього ротору надається обертання з зарезонансною кутковою швидкістю. Внаслідок дисбалансу точка лазерного променя O відхилиться від осі обертання 7 на вектор \vec{y} , і перейде у точку M' , яка потім буде обертатися навколо центра O . При обертанні буде змінюватися напрям поляризації точки M' внаслідок чого на екрані з'явиться світле коло радіуса r , яке буде мати на своєму діаметрі дві темні точки M', M'' . Одна з цих темних точок, нехай M' і використовуватиметься для визначення напрямків векторів дисбалансів у площинах корекції I-I і II-II, так само, як точка M лазерного променя у прикладі 1. На відміну від попереднього прикладу, такий спосіб дозволяє знайти напрями векторів дисбалансів з точністю до повороту на 180° . Тому коригувальні маси встановлюються спочатку для одного напрямку, а потім його вірність перевіряється пробним запуском ротора.

Приклад 3. В третьому прикладі, на відміну від другого, на шляху лазерного променя 5 перед екраном 6 встановлюється щит 11, який має вузьку

щілину 12, яка починається від осі обертання ротора 7 (див схему 4)

Спосіб реалізується як і в прикладі 1, а саме внаслідок дисбалансу лазерний промінь відхиляється від осі обертання ротора і обертається навколо неї. Тому промінь один раз за повний оберт ротора буде проходити через щілину щита. По координатам двох точок $M_1(x_1, y_1, Z_1)$, $M_2(x_2, y_2, Z_2)$ на екрані, послідовно встановленому на двох різних відстанях від ротора, визначаються напрямки векторів дисбалансів у двох площинах корекції I-I, II-II. Але невідомим залишається положення ротора відносно землі, для якого напрямки цих векторів визначені. Тому перед екраном встановлюють поляризований фільтр 10 і обертають його до повного зникнення точки з екрана. Потім зупиняють ротор і далі шукають такий його кут повороту, при якому точка з екрана зникне. Відносно цього положення ротора, або ротора, повернутого на 180° , і визначені напрямки векторів дисбалансів у двох площинах корекції. Дійсні напрямки векторів дисбалансів визначаються як і в прикладі 2 - пробним встановленням коригувальних мас з наступним перезапуском ротора для перевірки правильності вибраних напрямків.

Таким чином, використання щита з щілиною дозволяє визначити напрямки векторів дисбалансів у двох площинах корекції ротора, але не саме положення ротора відносно землі, для якого ці напрямки знайдені. Положення ротора із точністю до повороту на 180° визначається за допомогою поляризованого фільтра.

Приклад 4

У прикладі 4, на відміну від приклада 1, замість блоку синхронного вмикання лазерного променя, використовується світлочутливий екран. Координати точки лазерного променя знімаються з екрана автоматично, у момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут. Координати двох точок, які відповідають двом різним положенням екрана, передаються ПЕОМ і остання обчислює положення коригувальних мас у площинах корекції, потрібні для зрівноваження ротора.

Приклад 5

У прикладі 5, на відміну від приклада 4, використовується звичайний екран з напівпрозорого

матеріалу, такий, що з його протилежного боку видно точку від лазерного променя. За екраном встановлюється цифрова фотокамера, що має оптичне збільшення. Положення точки на екрані фотографується у момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут. Великі дисбаланси зрівноважуються без оптичного збільшення, а малі зі збільшенням, що підвищує точність балансування. Місце розташування коригувальних мас у площинах корекції, як і в прикладі 4, розраховує ПЕОМ.

В прикладах 4 і 5 зайві маси можуть зніматися з ротора відомими методами автоматично, наприклад іншим лазерним променем, шляхом випаровування матеріалу ротора, наприклад пластиком матеріалу на ротор з легких сторін, автоматичною зупинкою ротора з наступним висвердлінням отворів з важких сторін ротора і т.д. В цьому випадку процес зрівноваження ротора буде повністю автоматичним.

Таким чином, у прикладах 4 і 5 миттєве знімання координат точки лазерного променя в момент, коли ротор повернутий відносно землі на певний кут, дозволяє визначити напрямки векторів дисбалансів у двох площинах корекції, що прискорює процес балансування. Використання рухомого екрана дозволяє визначити динамічний дисбаланс в двох площинах корекції при обертанні ротора з однією кутовою швидкістю, що спрощує процес балансування. Додатково, автоматичне знімання координат точки з екрана і автоматичне усунення дисбалансу дозволяє повністю автоматизувати процес балансування.

Спосіб можна реалізувати і на докритичних швидкостях обертання ротора. В цьому випадку використовується те, що напрямки відхилення осі вала ротора від осі обертання майже співпадають з напрямками дисбалансів. Тому коригувальні вантажі у площинах корекції I-I і II-II треба виставляти з протилежного боку, по відношенню до положень, вказаних на схемі 2. На докритичних швидкостях координати точок O_I , O_{II} визначатимуть відхилення осі вала ротора від осі обертання у двох площинах корекції, а не положення головної центральної осі ротора.

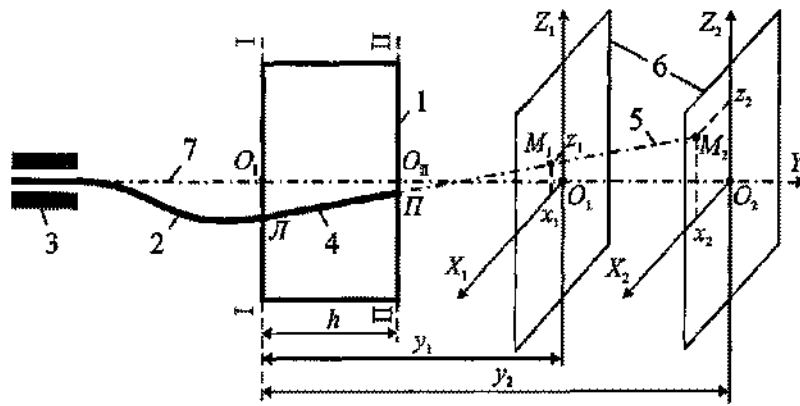


Схема 1

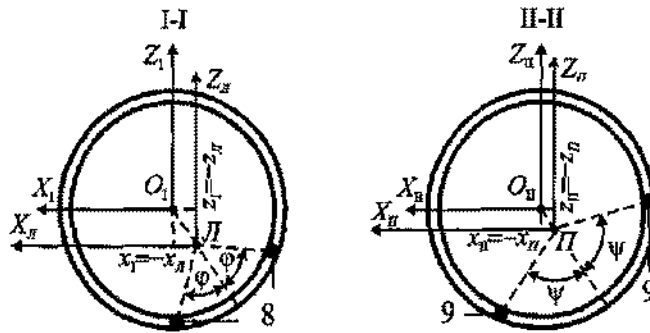


Схема 2

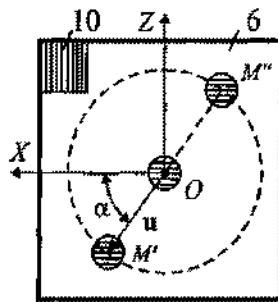


Схема 3

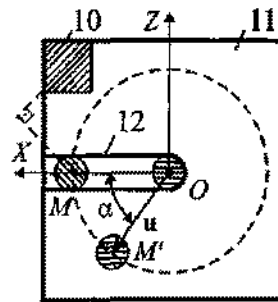


Схема 4