

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
П.Л. Литвиненко, к.т.н., доц.
С.О. Нечай, аспір.
М.В. Орлюк, асист.

Національний технічний університет України "КПІ"

ВИСОКОЧУТЛИВИЙ ГРАВИМЕТР ІЗ ДИНАМІЧНИМ НАСТРОЮВАННЯМ

Гравіметр, побудований за схемою роторного вібраційного гіроскопа, але зі зміщенням відносно осі підвісу центром мас ротора, має великий коефіцієнт передачі, завдяки можливості динамічного настроювання, і низький поріг чутливості. Гравіметр пропонується використовувати в складі авіаційної гравіметричної системи.

Визначення параметрів гравітаційного поля Землі, зокрема, значення прискорення сили ваги, має важливе значення при геодезичних і геофізичних дослідженнях. Сучасні методи гравіметрії дозволяють проводити дослідження геодинамічних явищ, одержувати дані для інженерної геології, археології, прогнозування землетрусів, розрахунків траєкторій польоту літальних апаратів та орбіт штучних супутників, а також для рішення інших фундаментальних наукових проблем і прикладних задач.

Найбільш перспективним методом одержання гравіметричних даних вважається використання авіаційних гравіметричних систем (АГС), що дає можливість проводити широкомасштабні виміри практично над будь-якою точкою земної поверхні значно швидше, ніж за допомогою сухопутних і морських засобів. Для проведення таких вимірів у складі АГС необхідно мати високоточний швидкодіючий чутливий елемент – гравіметр.

Актуальним у науковому й практичному плані є створення гравіметрів нових типів, які б мали більш низький поріг чутливості, ніж відомі, і за допомогою яких можна було б ефективно відокремлювати корисний сигнал від сигналу перешкод.

Як такий прилад пропонується гравіметр, принципова схема якого зображена на рис. 1.

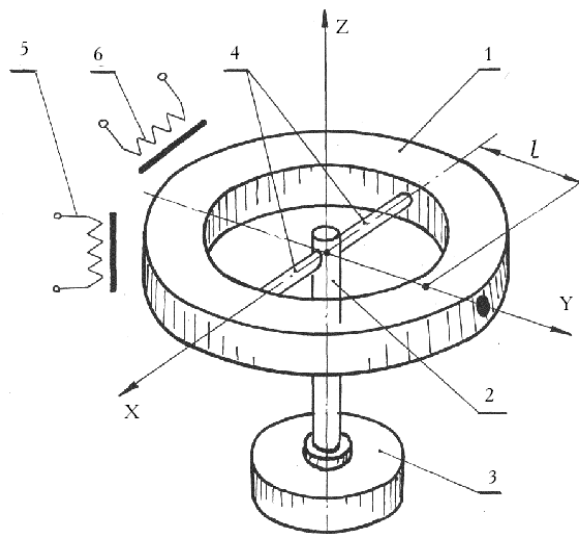


Рис. 1. Принципова схема гравіметра

Чутливим елементом гравіметра є масивний ротор 1, що обертається з постійною кутовою швидкістю за допомогою двигуна 3. Ротор закріплено на валу 2 двигуна за допомогою пружних торсионів 4. Останні конструктивно виконані так, що мають жорсткість на скручування по подовжній осі c_x набагато меншу, ніж на вигин c_y . Це досягається, наприклад, шляхом виконання торсионів хрестоподібного поперечного перерізу, або іншими способами. Такий підвіс забезпечує ротору, практично, тільки один ступінь рухливості відносно вала двигуна, а саме – дозволяє йому відхилитися на невеликий кут α відносно осі підвісу x . Саме амплітуда й частота відхилень ротора несе в собі інформацію про вимірюване прискорення. Реєструє ці відхилення встановлений у корпусі гравіметра датчик кута 5 електромагнітного типу. Електромагнітний датчик моменту 6 слугує для створення протидіючого моменту й повернення ротора в первісне положення.

Відмінною рисою побудови гравіметра від подібних за конструктивною схемою роторних вібраційних гіроскопів є те, що центр мас ротора не розташований на осі його підвісу, а зміщений на деяку відстань l у радіальному напрямку.

Гравіметр працює таким чином. При відсутності зовнішніх впливів як інерційного, так і гравітаційного характеру, спрямованих уздовж осі обертання вала двигуна (осі чутливості гравіметра), ротор буде обертатися в площині, перпендикулярній до цієї осі й кут α буде дорівнювати нулю. Під дією лінійного прискорення a уздовж осі чутливості виникне обертаючий момент M_B , що змусить ротор відхилитися на деякий кут α :

$$M_B = mal \cos \alpha,$$

де m – маса ротора.

Моменту M_B будуть протидіяти момент сил пружності торсионів підвісу:

$$M_Y = c_y \alpha,$$

де c_y – жорсткість торсионів на скручування, а також відцентровий момент M_{II} , від швидкого обертання ротора;

$$M_{II} = I \dot{\gamma}^2 \sin \alpha,$$

де I – момент інерції ротора; $\dot{\gamma}$ – кутова швидкість обертання ротора.

Стале значення відхилення ротора буде відповідати рівності моментів

$$M_B = M_Y + M_{II}. \quad (1)$$

Якщо прийняти, що $\alpha \ll 1$ рад, та ця умова, з урахуванням виразів для моментів, може бути представлена у вигляді

$$\alpha = - \frac{ml}{c + I \dot{\gamma}^2} a. \quad (2)$$

З наведеного рівняння видно, що кут нахилу ротора пропорційний прискоренню уздовж осі чутливості і передатний коефіцієнт буде зростати зі збільшенням m і l , а також зі зменшенням статичної c і динамічної $I \dot{\gamma}^2$ складових жорсткості підвісу.

Як показує аналіз рівняння руху, динамічна складова жорсткості для розглянутої схеми гравіметра може бути представлена у такому вигляді:

$$(I_z - I_y + ml^2) \dot{\gamma}^2 \quad (3)$$

де I_z і I_y – моменти інерції ротора відносно осей z і y відповідно.

Наявність у виразі (3) моменту інерції I_y із від'ємним знаком дозволяє отримати від'ємне значення динамічної складової жорсткості. При цьому статична жорсткість c буде компенсуватися перекидаючим моментом відцентрових сил інерції ротора. Цього можна досягти за рахунок відповідного вибору геометричних параметрів ротора та швидкості його обертання $\dot{\gamma}$.

Таким чином, представлена схема гравіметра дозволяє за рахунок динамічного настроювання одержати великий передатний коефіцієнт, а завдяки наявності пружного підвісу ротора, а отже, відсутності моменту сил сухого тертя мати низький поріг чутливості, що дає можливість використання його у складі авіаційної гравіметричної системи.

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна – доктор технічних наук, професор кафедри Приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”

Наукові інтереси:

– розробка методів та засобів гравіметричних вимірювань.

ЛИТВИНЕНКО Павло Леонідович – кандидат технічних наук, доцент кафедри Приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– розробка методів та засобів гравіметричних вимірювань.

НЕЧАЙ Сергій Олексійович – аспірант кафедри Приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– процеси та машини обробки матеріалів тиском.

ОРЛЮК Михайло Володимирович – асистент кафедри Приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– розробка методів та засобів гравіметричних вимірювань.

Подано 17.02.2002

Безвесільна О.М., Литвиненко П.Л., Нечай С.О., Орлюк М.В. Динамічно настроюваний гравіметр авіаційної гравіметричної системи

Безвесильная Е.Н., Литвиненко П.Л., Нечай С.А., Орлюк М.В. Высокочувствительный гравиметр с динамической настройкой

Bezvesil'naja E.N., Litvinenko P.L., Nechaj S.A., Orluk M.V. High-sensitivity gravimetr with dynamic adjustment

УДК 531.383

Высокочувствительный гравиметр с динамической настройкой / Е.Н. Безвесильная, П.Л. Литвиненко, С.А. Нечай, М.В. Орлюк

Гравиметр построен по схеме роторного вибрационного гироскопа, но со смещенным относительно оси подвеса центром масс ротора, имеет большой коэффициент передачи, благодаря возможности динамической настройки, и низкий порог чувствительности. Гравиметр предлагается использовать в составе авиационной гравиметрической системы.

УДК 531.383

High-sensitivity gravimetr with dynamic adjustment / E.N. Bezvesil'naja, P.L. Litvinenko, S.A. Nechaj, Orluk M.V.

The gravimetr is constructed under the circuit of a vibrating gyroscope, but with displaced concerning an axis of fastening by the centre of weights of a rotor, has the big factor of transfer, due to an opportunity of dynamic adjustment, and a low threshold of sensitivity. The gravimetr is offered to be used in structure aviation gravimetre systems.