



УКРАЇНА

(19) UA (11) 21726 (13) U
(51) МПК (2006)
G01P 15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОМПЕНСАЦІЙНИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

1

(21) u200700245

(22) 10.01.2007

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Черняк Микола Григорович, Скрипковський Геннадій Олексійович

(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ІННАЛАБС ЮА"

(57) 1. Компенсаційний акселерометр, що містить рознімний корпус з однією базовою настановною поверхнею, з розташованими в ньому рухомою пластинною чутливого елемента, встановленою на пружному підвісі, верхньою і нижньою магнітними системами, кожна з яких складається з магнітопроводу, постійного магніту і полюсного наконечника, причому магнітні системи в поєднанні з двома рухомими котушками, з'єднаними послідовно, розташованими на рухомій пластині чутливого елемента і розміщеними усередині зазорів магнітних систем між поверхнями відповідних магнітопроводів і полюсних наконечників, утворюють датчик моменту, дві нерухомі тороїдальні котушки збудження, включені диференціально і розміщені на постійних магнітах магнітних систем, самі магнітні системи і рухомі котушки датчика моменту утворюють датчик кута, а з'єднані послідовно попередній підсилювач, демодулятор, ланка корекції, підсилювач потужності формують сервопідсилювач, що створює разом з високочастотним генератором, котушками датчика моменту і датчика кута контур негативного зворотного зв'язку акселерометра, та вихідний фільтр, причому рознімний корпус оснащений захисним кожухом, який відрізняється тим, що в акселерометрі рознімний корпус складається з верхнього і нижнього корпусів, що жорстко з'єднані між собою і мають співвіс-

2

но розташовані крізні отвори з можливістю розміщення в них магнітопроводів, чутливий елемент виконаний металевим, рухома пластина якого одним своїм кінцем з'єднана з його основою за допомогою пружного підвісу, при цьому чутливий елемент розташований між верхнім і нижнім корпусами і жорстко закріплений основою на торці нижнього корпусу.

2. Компенсаційний акселерометр за п.1, який відрізняється тим, що нерухомі тороїдальні котушки збудження датчика кута зв'язані з високочастотним генератором для їх живлення змінною високочастотною напругою, вихід підсилювача потужності через котушку індуктивності зв'язаний з входом попереднього підсилювача та з котушками датчика моменту, інший кінець яких зв'язаний з паралельно з'єднаними резистором та конденсатором, які з'єднані з вихідним фільтром.

3. Компенсаційний акселерометр за п.1, який відрізняється тим, що крізні отвори верхнього і нижнього корпусів і зовнішні поверхні магнітопроводів виконані принаймні нарізними з можливістю механічної настройки нульового сигналу датчика кута шляхом переміщення магнітних систем відносно верхнього і нижнього корпусів.

4. Компенсаційний акселерометр за п.3, який відрізняється тим, що у верхньому і нижньому корпусах виконані бічні нарізні отвори для фіксації магнітопроводів в корпусах за допомогою стопорних гвинтів.

5. Компенсаційний акселерометр за п.1, який відрізняється тим, що для установки його на об'єкті він оснащений додатковою базовою настановною поверхнею, виконаною, як і перша базова настановна поверхня, на нижньому корпусі і перпендикулярно до неї.

Дана корисна модель відноситься до галузі приладобудування, зокрема - до компенсаційних маятникових лінійних акселерометрів з пружним підвісом чутливого елемента. Комплект таких акселерометрів, установлених ортогонально, може використовуватися для вимірювання прискорення

в кожному напрямку з метою визначення місцезнаходження, наприклад, транспортного засобу.

Відомі акселерометри [патент США №4498342, кл. G01P15/13 "Integrated silicon accelerometer with stress-free rebalancing", 12.02.1985 ; патент США №6073490, кл. G01P15/00 "Servo accelerometer", 13.06.2000], що

(19) UA (11) 21726 (13) U

містять рознімний корпус, маятникову інерційну масу (далі по тексту - ІМ.), з'єднану за допомогою пружного підвісу з кільцевою настановною рамкою, встановленою в корпусі, датчик кута, датчик моменту з рухомими котушками і електричну частину.

До недоліків конструкції акселерометра, описаної в [патенті США №4498342], відносяться:

1) виконання датчика кута із застосуванням мостової схеми з'єднання тензорезисторів приводить до дуже великого температурного дрейфу нульового сигналу акселерометра. Оскільки маятникова інерційна маса пристрою має елементи пружного підвісу, то зазначений нульовий дрейф сигналу викликає значну похибку акселерометра компенсаційного типу, величина якої пропорційна жорсткості підвісу;

2) відсутня система настройки нульового сигналу датчика кутового переміщення ІМ;

3) виконання чутливого елемента з кремнію погіршує стійкість акселерометра до дії ударних і вібраційних навантажень, особливо - у вимкненому стані.

Найбільш близьким по технічній сутності до корисної моделі, що заявляється, є акселерометр, описаний у вищезазваному [патенті США №6073490].

Акселерометр компенсаційного типу включає рознімний корпус і ІМ, з'єднану за допомогою пружного підвісу з настановною рамкою, встановленою в корпусі. Обидві половини рознімного корпусу виконані у вигляді прямокутних брусків з циліндричним отвором і чашоподібним магнітним колом, що має зазор між полюсними наконечниками. Чашоподібне магнітне коло має центральне осердя, що складається з постійного магніту і полюсного наконечника. Обидва бруски рознімного корпусу виготовлені з кремнієвого монокристала, що має ту ж саму орієнтацію осей кремнієвого монокристала, що і пластина ІМ.

На постійних магнітах центральних осердь чашоподібних магнітних кіл встановлені торіодальні котушки датчика кута, включені диференціально. Ліві і праві половини рознімного корпусу акселерометра з'єднуються між собою за допомогою пружних елементів (пружин).

Цей акселерометр працює як звичайний прилад компенсаційного типу. Коли основа приладу рухається з прискоренням, спрямованим по осі чутливості SA пристрою, ІМ відхиляється під дією моменту сили інерції прискорення, яке вимірюється. Датчик кута перетворює кут відхилення ІМ в електричний сигнал. З'єднані послідовно попередній підсилювач, демодулятор, ланка корекції і підсилювач потужності утворюють сервопідсилювач акселерометра і виробляють струм, що протікає через котушки датчика моменту, необхідний для зрівноважування моменту сили інерції. Вихід підсилювача потужності послідовно з'єднаний з фільтром, напруга на виході якого є вихідним сигналом акселерометра.

Відмітними рисами даного акселерометра є його конструкція і принцип роботи датчика кута. У рухомі котушки датчика моменту поряд із струмом зворотного зв'язку подається змінний струм від високочастотного генератора, зв'язаного з входом підсилювача потужності. Цей струм створює змін-

ний магнітний потік, який проходить через торіодальні котушки датчика кута, розташовані на центральних осердях магнітних кіл датчика моменту. Ці магнітні потоки, що проходять через торіодальні котушки датчика кута, змінюються по величині, коли змінюється положення ІМ відносно корпусу акселерометра внаслідок того, що зміщення ІМ змінює потокозчеплення магнітного потоку між рухомими котушками і магнітопроводом. У котушках датчика кута індукуються змінні напруги, амплітуда яких залежить від взаємного положення рухомих котушок датчика моменту і котушок датчика кута, тобто від положення ІМ акселерометра відносно його корпусу. Диференціально зв'язані котушки датчика кута створюють високочастотний змінний вихідний сигнал. Його амплітуда пропорційна куту відхилення ІМ, тоді як фаза залежить від напрямку відхилення ІМ.

Таким чином, в акселерометрі рухомі котушки датчика моменту діють як первинні обмотки датчика кута, обидві вихідні котушки датчика кута і котушки датчика моменту використовують спільне магнітне коло. Це спрощує конструкцію механічної частини акселерометра.

До недоліків акселерометра, найближчого по технічному рішенню до корисної моделі, що заявляється, і вибраного як найближчий аналог, відносяться:

1) ІМ, її пружний підвіс і настановна рамка для кріплення до корпусу виконані з монокристала кремнію, тоді як магнітні кілі акселерометра виконані металевими, коефіцієнти теплового розширення яких відрізняються від коефіцієнтів температурного розширення кремнію. Це приводить до температурного дрейфу нульового сигналу акселерометра, для зниження якого доводиться підбирати в певній комбінації матеріали, з яких виготовлені елементи конструкції акселерометра, що мають різні коефіцієнти теплового розширення;

2) наявність в акселерометрі елементів, виготовлених з кремнію, знижує, як відмічалось вище, його стійкість до вібраційних і ударних навантажень, особливо у вимкненому стані. Це вимагає при установці акселерометра на об'єкті застосування додаткових засобів для зниження впливу вказаних вище дій;

3) конструкція приладу має засоби для електричної настройки вихідного нульового сигналу датчика кута. Проте це веде до ускладнення електричної частини приладу, оскільки настройка здійснюється шляхом замикання секцій додаткових торіодальних котушок, розташованих на центральних осердях (магнітах) магнітних кіл;

4) у конструкції приладу [див. фіг.4 патенту США №6073490] можлива механічна настройка вихідного нульового сигналу датчика кута. Настройка здійснюється шляхом зміни положення феромагнітного осердя відносно котушок датчика кута. Проте при цьому постійні магніти в магнітному колі виконані зовнішніми, а металевий магнітопровід, в якому переміщується осердя, - внутрішнім. Це приводить до впливу на магніти зовнішніх магнітних полів, що спотворюють магнітні потоки в магнітних системах, що знижує точність вимірювання прискорення;

5) у конструкції приладу є одна базова настановна поверхня, перпендикулярна його осі чутливості SA. При вимірюванні двох або трьох проекцій вектора прискорення об'єкта встановленими на ньому акселерометрами наявність однієї базової настановної поверхні ускладнює процес установки акселерометра і вимагає застосування додаткових пристроїв для його установки;

6) використання в конструкції акселерометра рухомих котушок датчика моменту в якості котушок збудження датчика кута зменшує величину напруги на виході підсилювача потужності, що йде на зрівноважування моменту сили інерції, на величину амплітуди високочастотної напруги збудження датчика кута.

В основу корисної моделі покладена задача удосконалення компенсаційного акселерометра шляхом спрощення його конструкції, підвищення точності вимірювання прискорення при використуванні іншої (порівняно з найближчим аналогом) схеми механічної настройки вихідного нульового сигналу датчика кута, використання іншої електричної схеми, спрощення процесу установки приладу на об'єкті при введенні додаткової базової настановної поверхні акселерометра, підвищення його стійкості до вібраційних і ударних навантажень.

Поставлена задача вирішується так, що в компенсаційному акселерометрі, який містить рознімний корпус з однією базовою настановною поверхнею, з розташованими в ньому рухомою пластиною чутливого елементу, встановленої на пружному підвісі, верхньою і нижньою магнітними системами, кожна з яких складається з магнітопроводу, постійного магніту і полюсного наконечника, причому магнітні системи в поєднанні з двома рухомими котушками, з'єднаними послідовно, розташованими на рухомій пластині чутливого елементу і розміщеними усередині зазорів магнітних систем між поверхнями відповідних магнітопроводів і полюсних наконечників, утворюють датчик моменту, дві нерухомі тороїдальні котушки збудження, включені диференціально і розміщені на постійних магнітах магнітних систем, самі магнітні системи і рухомі котушки датчика моменту утворюють датчик кута, а з'єднані послідовно попередній підсилювач, демодулятор, ланка корекції, підсилювач потужності формують сервопідсилювач, що створює разом з високочастотним генератором, котушками датчика моменту і датчика кута контур негативного зворотного зв'язку акселерометра, та вихідний фільтр, причому рознімний корпус споряджений захисним кожухом, новим є те, що в акселерометрі рознімний корпус складається з верхнього і нижнього корпусів, що жорстко з'єднані між собою і мають співвісно розташовані крізні отвори з можливістю розміщення в них магнітопроводів, чутливий елемент виконаний металевим, рухома пластина якого одним своїм кінцем з'єднана з основою за допомогою пружного підвісу, при цьому чутливий елемент розташований між верхнім і нижнім корпусами і жорстко закріплений основою на торці нижнього корпусу, крім того, нерухомі тороїдальні котушки збудження датчика кута зв'язані з високочастотним генератором для їх живлення змінною високочастотною напругою, вихід підсилювача потужності через котушку

індуктивності зв'язаний з входом попереднього підсилювача та з котушками датчика моменту, інший кінець яких зв'язаний з паралельно з'єднаними резистором та конденсатором, які з'єднані з вихідним фільтром, а крізні отвори верхнього і нижнього корпусів і зовнішні поверхні магнітопроводів виконані, по крайній мірі, нарізними з можливістю механічної настройки нульового сигналу датчика кута шляхом переміщення магнітних систем відносно верхнього і нижнього корпусів, а у верхньому і нижньому корпусах виконані бічні нарізні отвори для фіксації магнітопроводів в корпусах за допомогою стопорних гвинтів, причому для установки на об'єкті акселерометра він споряджений додатковою базовою настановною поверхнею, виконаною, як і перша базова настановна поверхня, на нижньому корпусі і перпендикулярно до неї.

Запропонований компенсаційний акселерометр дозволяє поліпшити його експлуатаційні та міцнісні характеристики і підвищити ефективність його роботи при установці на об'єкті - наприклад, на транспортному засобі.

Конструкція акселерометра, що заявляється, і принцип механічної настройки нульового сигналу датчика кута пояснюються такими рисунками:

поперечний перетин акселерометра, проведений уздовж осі чутливості SA і осі маятника PA, тобто його основний вид, показаний на Фіг.1;

вид Б на Фіг.1 (без елементів поз.1, 12, 14, 16, 18, 21) показаний на Фіг.2;

розріз Е-Е на Фіг.2 акселерометра поданий на Фіг.3;

на Фіг.4 показана конструкція чутливого елементу;

розріз Ж-Ж на Фіг.4 поданий на Фіг.5;

на Фіг.6 приведений вид Г на Фіг.1 акселерометра, що показує базову настановну поверхню А акселерометра;

на Фіг.7 приведений вид Д на Фіг.1 акселерометра, що показує базову настановну поверхню В акселерометра;

на Фіг.8 приведена функціональна електрична схема акселерометра;

на Фіг.9 приведена структурна схема акселерометра, що ілюструє механічну настройку нульового сигналу датчика кута;

на Фіг.10а і 10б показана кінематична схема, що пояснює принцип механічної настройки нульового сигналу датчика кута.

Акселерометр (Фіг.1-5) складається з верхнього 1 і нижнього 2 корпусів, жорстко з'єднаних між собою, що мають співвісно розташовані нарізні отвори 3, 4, представляючи таким чином рознімний корпус, усередині якого між цими корпусами розміщений чутливий елемент, що складається із ІМ, утвореної рухомою пластиною 5 і двома встановленими на ній котушками датчика моменту 6 і 7, нерухою основи 8 і пружного підвісу 9 пластини 5 до основи 8. Основа 8 жорстко закріплена на нижньому корпусі, наприклад, за допомогою гвинта 10 і пружинної шайби 11.

Усередині рознімного корпусу розміщені диференціальний датчик кута і датчик моменту, причому в цих датчиках використовуються одні і ті ж магнітні системи. Магнітні системи включають до себе магнітопроводи 12 і 13, постійні магніти 14 і

15, полюсні наконечники 16 і 17, при цьому згадані магнітопроводи з'єднані відповідно з верхнім 1 і нижнім 2 корпусами за допомогою нарізних з'єднань 3 і 4. На магнітах 14 і 15 розміщені тороїдальні котушки збудження 18 і 19 датчика кута.

Рухомі котушки 6 і 7 розміщені усередині зазорів магнітних систем між поверхнями відповідних магнітопроводів 12, 13 і полюсних наконечників 16, 17, при цьому рухомі котушки 6 і 7 датчика моменту є також вихідними котушками датчика кута.

Магнітні системи можуть переміщатися відносно корпусів 1 і 2 уздовж осі SA по різьбам 3 і 4 і фіксуються до корпусів стопорними гвинтами 20 (Фіг.2, 3).

Нижній корпус 2 має дві взаємно-перпендикулярні базові настановні поверхні А і В для установа акселерометра на об'єкті (наприклад, за допомогою гвинтів, що угвинчуються в нарізні отвори в поверхнях А і В), (Фіг.6, 7).

Конструкція акселерометра закрита зовнішнім захисним кожухом 21.

Функціональна електрична схема акселерометра показана на Фіг.8. Вона складається з підсилювача сигналу датчика кута 22, демодулятора 23, ланки корекції 24, підсилювача потужності 25, високочастотного генератора 26, постійних магнітів 14 і 15, рухомих котушок датчика моменту 6 і 7, тороїдальних котушок збудження датчика кута 18 і 19, котушки індуктивності 27, резистора 28, конденсатора 29 і фільтру 30, U_{op} - вихідна напруга акселерометра.

Акселерометр працює таким чином.

За відсутності вимірюваного прискорення об'єкту, на якому встановлений акселерометр, спрямованого уздовж осі SA, і виконаній настройці нульового сигналу датчика кута, вихідний сигнал акселерометра у вигляді напруги постійного струму U_{op} відсутній. При дії вимірюваного прискорення а уздовж осі SA ІМ маятникового чутливого елементу під дією моменту сили інерції $M = mla$ (m - маса ІМ, l - відстань від осі підвісу НА до центру мас ІМ) відхиляється на пружному підвісі 9 відносно корпусу акселерометра. При позитивному прискоренні ІМ переміщується до нижнього корпусу 2, а при негативному прискоренні - до верхнього корпусу 1. Відповідно, також з ІМ переміщуються і рухомі котушки 6 і 7 відносно нерухомих тороїдальних котушок 18 і 19.

Нерухомі тороїдальні котушки збудження 18 і 19 живленні змінною високочастотною напругою від опорного генератора 26 (Фіг.8). При цьому в магнітних системах виникають змінні магнітні потоки постійної амплітуди і частоти. При переміщенні котушок 6 і 7 разом з ІМ змінюється їх поточкозчеплення із згаданими вище магнітними потоками. При цьому в котушках 6 і 7 індуються змінні напруги, причому напрямки струмів в котушках 18 і 19 таке, що ці напруги віднімаються. Одержана у результаті віднімання напруга поступає на вхід попереднього підсилювача 22. При цьому амплітуда цієї напруги пропорційна величині зміщення ІМ, а фаза цієї напруги залежить від напрямку переміщення. На другий вхід демодулятора 23 подається опорна напруга від генератора 26. На виході демодулятора утворюється постійна напруга, величина якої пропорційна величині відхилення

ІМ, а знак відповідає напрямку відхилення ІМ. Далі ця напруга проходить через ланку корекції 24 і підсилювач потужності 25, вихідна напруга якого у вигляді сигналу зворотного зв'язку подається через котушку індуктивності 27 на рухомі котушки 6 і 7. Протікаючи по котушках 6 і 7 струм зворотного зв'язку I_{op} взаємодіє з полями постійних магнітів 14 і 15 датчика моменту і створює момент зворотного зв'язку (момент сили Ампера) M_F , зрівноважувальний момент сили інерції M_i вимірюваного прискорення і повертаючий ІМ в нейтральне положення. Протікаючи по резистору 28, струм зворотного зв'язку створює напругу $U_{op} = I_{op}R$ (R - опір резистора 28), що є вихідним сигналом акселерометра.

Настройку нульового сигналу датчика кута пояснюють Фіг.9, 10а і 10б. На Фіг.9 показані чутливий елемент 31, датчик кута 32, джерело стабільної напруги 33, ланка корекції з підсилювачем потужності 34, датчик моменту 35, суматори 36, 37 і 38.

Датчик кута 32 вимірює кут, який за допомогою суматора 37 представлений на схемі у вигляді суми двох кутів:

- кута β відхилення ІМ від нейтрального положення, де під нейтральним розуміється положення, при якому рівнодіюча моментів всіх сил, прикладених до ІМ, дорівнює нулю;

- кута $\Delta\beta$ похибки настройки датчика кута, який є кутом між нейтральним положенням ІМ і положенням ІМ, при якому напруга на виході датчика кута 32 дорівнює нулю.

Похибка настройки датчика кута 32 приводить до появи зміщення нуля вихідного сигналу акселерометра, яке показано на схемі у вигляді струму зворотного зв'язку I_{op} , що протікає по котушках датчика моменту 35. Для зменшення цього зміщення нуля звичайно застосовують електричну схему компенсації похибки настройки датчика кута. На Фіг.9 - це встановлений на виході датчика кута 32 суматор 38 і регульоване джерело стабільної постійної напруги U_β 33. Сигнал з виходу суматора 38 поступає на ланку корекції з підсилювачем потужності 34, до якого підключений датчик моменту 35. Для даної структурної схеми, з урахуванням того, що ланка 34 в акселерометрах містить інтегратор, для статичного стану, при рівній нулю рівнодіючої моментів всіх зовнішніх сил, прикладених до ІМ, справедливе таке вираження для зміщення нуля акселерометра ΔI :

$$\Delta I = \frac{c}{k_1} \left(\Delta\beta - \frac{1}{k_2} \right) U_\beta \quad (1)$$

де c - кутова жорсткість підвісу ІМ, k_1 -- коефіцієнт передачі датчика моменту 35, k_2 - коефіцієнт передачі датчика кута.

Під час настройки зміною напруги U_β прагнуть виконати умову

$$\Delta\beta^* - \frac{1}{k_2} U_\beta^* = 0 \quad (2)$$

де * указує на те, що значення цих величин визначені на момент завершення настройки.

Проте під час роботи акселерометра внаслідок зміни температури (відносно температури, при якій проводилася настройка) всі складові виразу

(1) змінять свою величину, і з'явиться зміщення нуля

$$\Delta I \approx \frac{c}{k_2} \Delta t \Delta \beta * (\alpha_\beta + \alpha_1 - \alpha_U), \quad (3)$$

де $\alpha_\beta, \alpha_1, \alpha_U$ - температурні коефіцієнти відповідно кута похибки настройки датчика кута 32, коефіцієнта передачі датчика кута 32, напруги U_β .

Як виходить з виразу (3), зміщення нуля вихідного сигналу акселерометра ΔI внаслідок зміни температури прямо пропорційно куту похибки настройки датчика кута $\Delta \beta$. Зменшення цього кута за допомогою запропонованої механічної настройки датчика кута 32 дозволяє підвищити точність акселерометра.

На Фіг.10а, 10б, яка пояснює принцип механічної настройки нульового сигналу датчика кута, показані акселерометр 39 і горизонтальна основа 40, на якій здійснюється настройка нульового сигналу датчика кута акселерометра. Настройка нульового сигналу датчика кута здійснюється таким чином. Основа 40 виставляється в горизонті, при цьому вектор гравітаційного прискорення g буде перпендикулярний поверхні E основи 40. Акселерометр установлюється на поверхню E в положенні I (Фіг.10а) і II (Фіг.10б) з показаною на цих фігурах орієнтацією осей SA і PA акселерометра. При цьому вимірювальна вісь SA повинна бути паралельна площині E основи 40, а вісь маятника PA направлена в положенні I по вектору гравітаційного прискорення g униз, а в положенні II - напроти вектора гравітаційного прискорення g уверх. Проте акселерометр завжди має погрішність базової

вої площини γ (кут не перпендикулярності вимірювальної осі SA акселерометра до його базової настановної поверхні A). При цьому вихідні сигнали акселерометра в положеннях I і II мають такий вигляд:

$$U_{op}^I = U_0 - kg \sin \gamma,$$

$$U_{op}^{II} = U_0 + kg \sin \gamma, \quad (4)$$

де U_0 - зміщення нуля вихідного сигналу акселерометра, викликане зміщенням нульового сигналу датчика кута, k - коефіцієнт перетворення акселерометра, g - величина гравітаційного прискорення.

З виразу (4) виходить, що

$$U_{op}^I + U_{op}^{II} = 2U_0. \quad (5)$$

Метою механічної настройки нульового сигналу датчика кута є виконання умови

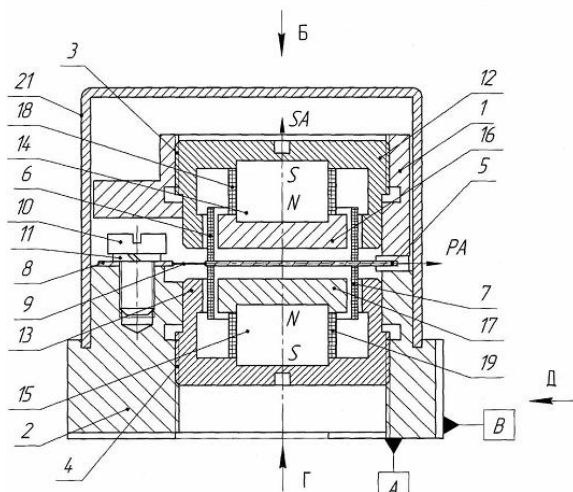
$$U_0 = 0, \quad (6)$$

яке, як впливає з (5), буде досягнуто при

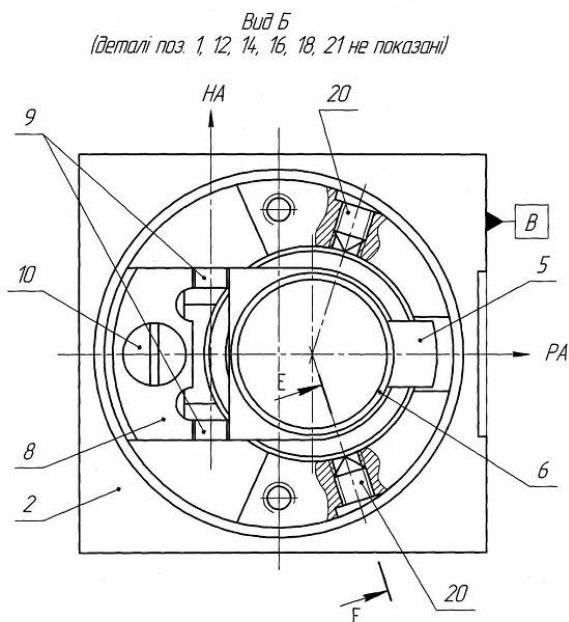
$$U_{op}^I = -U_{op}^{II}. \quad (7)$$

Настройка датчика кута полягає в покроковому наближенні до виконання умови (7) шляхом переміщення по різьбам 3, 4 магнітопроводів 12, 13 відносно верхнього і нижнього корпусів 1, 2 і контролі напруг U_{op}^I і U_{op}^{II} в положеннях I і II після зміни положення кожного з магнітопроводів 12 або 13.

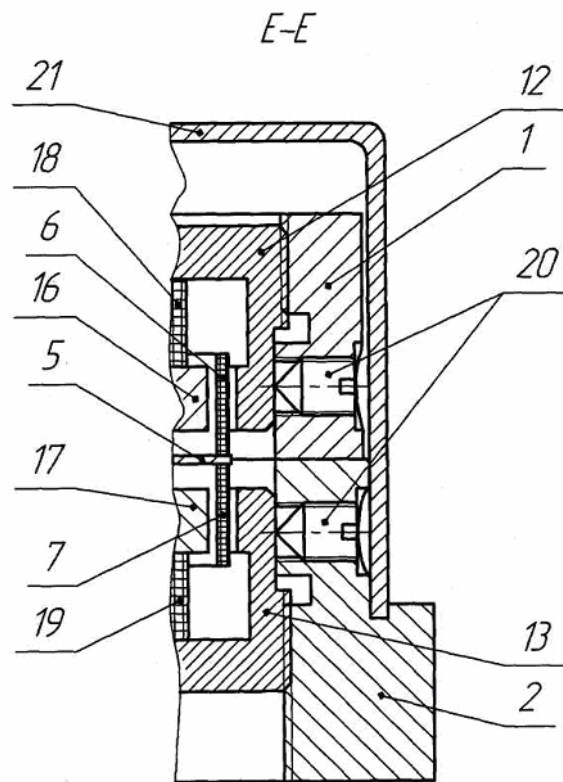
Після завершення настройки нульового сигналу датчика кута магнітопроводи 12, 13 фіксуються стопорними гвинтами 20 в корпусах 1, 2.



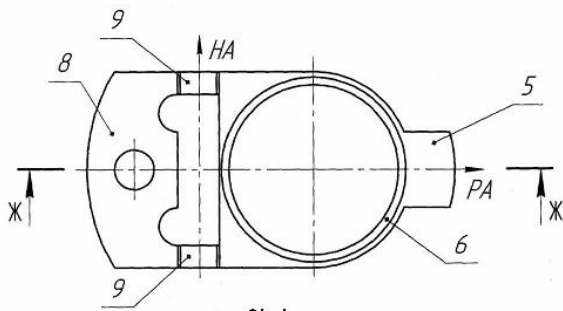
Фіг. 1



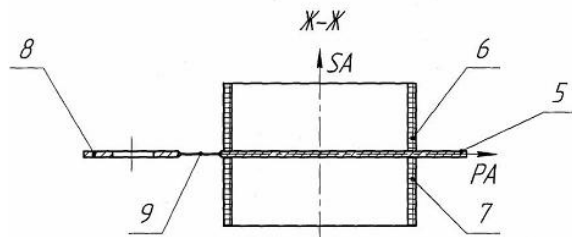
Фіг. 2



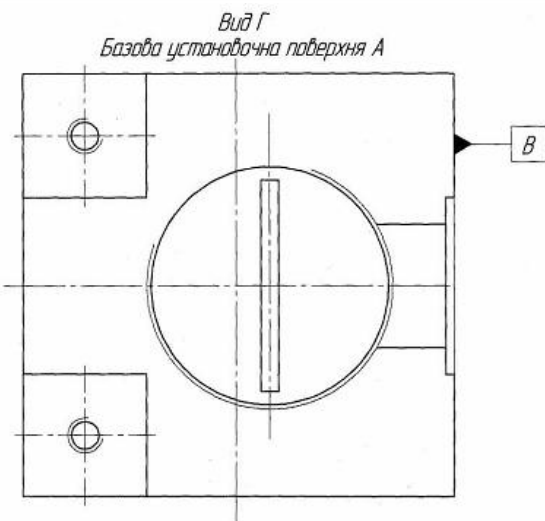
Фиг. 3



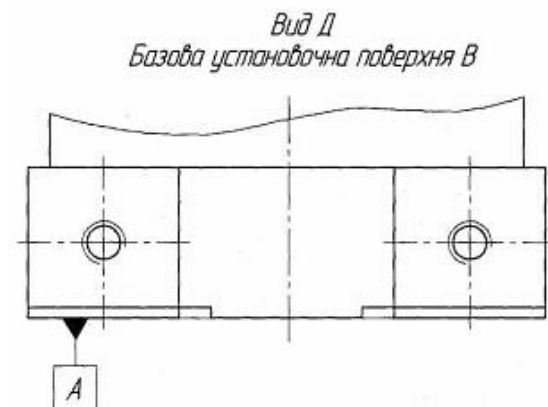
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

14

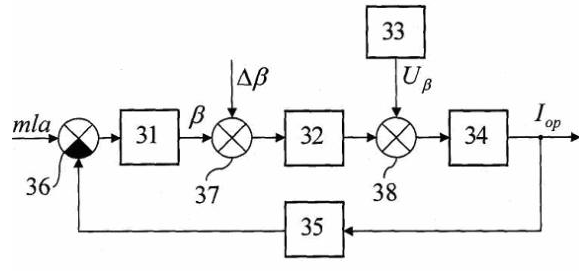


Fig. 9

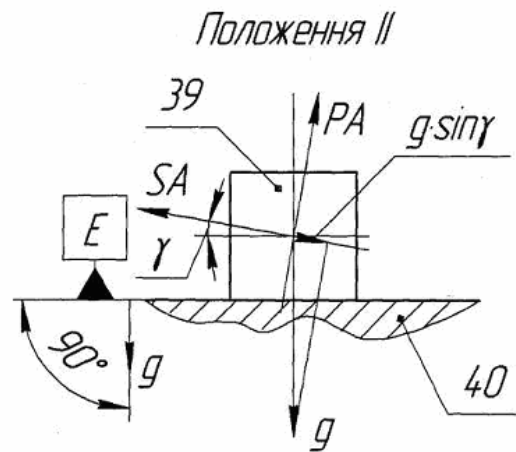


Fig. 10-6