

Винахід, що пропонується, належить до галузі навігаційних та радіолокаційних вимірювань і може бути використаний для створення навігаційних приладів, заснованих на використанні магнітного поля Землі. Ці прилади можуть бути застосовані на рухомих платформах (об'єктах), які переміщуються на водній поверхні (кораблі, катера, яхти, лодки), у повітряному просторі (літаки, вертольоти, повітряні кулі), на земній поверхні (автомашини, танки).

Відомі канали вимірювання, які призначені для вимірювання магнітного поля Землі [1]. Канал вимірювання складається з датчика Холла, підсилювача, джерела живлення і вимірювального приладу. Вхідний сигнал датчика Холла, пропорційний магнітній індукції, після підсилювача надходить на вимірювальний прилад. Недоліком цього вимірювального каналу є низька точність вимірювання магнітної індукції, яка обумовлена наявністю у вихідному сигналі датчика Холла паразитного сигналу. Паразитний сигнал датчика Холла в основному залежить від напруги нееквіпотенціальності.

З відомих каналів вимірювання, призначених для вимірювання магнітного поля Землі, найбільш близьким по технічній суті є канал вимірювання, який наведено у роботі [2] і який вибрано за прототип. Канал вимірювання складається з датчика Холла, стабілізатора струму (джерела живлення), підсилювача, перетворювача "напруга-код", блока керування і пристрою індикації. Перший і другий виходи стабілізатора струму з'єднані з агровими входами датчика Холла, потенціальні виходи якого, з'єднані з підсилювачем. Вихід підсилювача через перетворювач "напруга-код" з'єднано з пристроєм індикації. Виходи блока керування з'єднані відповідно з запускаючим входом перетворювача "напруга-код" і керуючим входом пристрою індикації. Вихідний сигнал датчика Холла, пропорційний магнітній індукції, підсилюється підсилювачем і кодується перетворювачем "напруга-код". Результат вимірювання відображається пристроєм індикації.

Недоліком цього каналу вимірювання є низька точність вимірювання магнітної індукції, що обумовлено наявністю у вихідному сигналі датчика Холла паразитного сигналу, який в основному залежить від напруги нееквіпотенціальності

$$U_1 = BS I_0 \cos \alpha + I_0 \Gamma_{не} = u_x \cos \alpha + u_{не}$$

де: S - чутливість датчика Холла до магнітної індукції;

I_0 - постійний струм живлення стабілізатора струму;

α - кут поміж перпендикуляром до грані перетворення ($a \times b$) і напрямком вектора магнітної індукції B ;

B - постійна магнітна індукція;

U_x - напруга Холла;

$\Gamma_{не}$ - опір нееквіпотенціальності;

$u_{не}$ - напруга нееквіпотенціальності;

$$u_x = BS I_0$$

$$u_{не} = I_0 \Gamma_{не}$$

Точність вимірювання магнітної індукції залежить від співвідношення сигналів напруги Холла $u_x \cos \alpha$ і напруги нееквіпотенціальності $u_{не}$. У датчиків Холла, які використовуються для вимірювання магнітного поля Землі, значення цих сигналів можуть відрізнятися на порядок. При $u_{не} = 0,5 u_x \cos \alpha$, додаткова похибка вимірювання магнітної індукції дорівнює 50%, при $u_{не} = 0,01 u_x \cos \alpha$ - додаткова похибка вимірювання магнітної індукції - 1%.

Задачею винаходу є підвищення точності вимірювання магнітної індукції. Для підвищення точності вимірювання магнітної індукції у вимірювач магнітної індукції, який складається з датчика Холла, стабілізатора струму, перший і другий виходи якого відповідно з'єднані з струмовими входами датчика Холла, підсилювача, входи якого з'єднані з холлівськими виходами датчика Холла, перетворювача "напруга-код" вхід якого з'єднано з виходом підсилювача, пристрою індикації. Згідно винаходу введено послідовно з'єднані резистор і ключ, підключені поміж струмовим і холлівським входами датчика Холла, два пристрої віднімання, пристрій ділення, пристрій запам'ятовування, перший вихід якого з'єднано з першим входом пристрою ділення, вихід перетворювача "напруга-код" з'єднано з першим і другим входами першого пристрою віднімання, з першим входом другого пристрою віднімання, другий вхід якого з'єднано з виходом пристрою ділення, другий вхід якого з'єднано з виходом першого пристрою віднімання, вихід другого пристрою віднімання з'єднано з першим входом пристрою індикації, формувач керуючих сигналів, перший вихід якого з'єднано з третім входом пристрою ділення, третіми входами пристроїв віднімання, другий вихід формувача керуючих сигналів з'єднано з запускаючим входом перетворювача "напруга-код", третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий, восьмий і дев'ятий виходи формувача керуючих сигналів відповідно з'єднані з четвертим входом першого пристрою віднімання, з п'ятим входом першого пристрою віднімання, з шостим входом першого пристрою віднімання, з четвертим входом пристрою ділення, з четвертим входом другого пристрою віднімання, другим входом пристрою індикації, керуючим входом ключа.

Підвищення точності вимірювання магнітної індукції B досягається за рахунок автоматичного виключення із вихідного сигналу датчика Холла напруги нееквіпотенціальності $u_{не}$, яка змінюється в залежності від температури середовища. При постійній магнітній індукції B і постійному струмі живлення датчика Холла I_0 вихідний сигнал датчика Холла є простим і його складові (напругу Холла $u_x \cos \alpha$ і напругу нееквіпотенціальності $u_{не}$) неможливо розділити, тому що вони є складовими одного виду, в даному випадку постійного струму. При зміні структури вихідного сигналу датчика Холла, коли він з простого перетворюється в складний, який має декілька складових, виникає можливість шляхом обробки цих складових виділити складову, яка залежить тільки від напруги Холла $u_x \cos \alpha$ або від напруги нееквіпотенціальності $u_{не}$. Складним є сигнал, який має дві, або більше, складових різного виду, простим є сигнал, який має одну складову [9]. Для зміни структури вихідного сигналу датчика Холла одноразово

проводиться підключення резистора поміж струмовим і холлівськими входами датчика Холла.

При підключенні резистора вихідний сигнал датчика Холла дорівнює

$$U_I = U_X \cos \alpha + U_{He2} \quad (1)$$

а при його відключенні вихідний сигнал датчика Холла дорівнює

$$U_{II} = U_X \cos \alpha + U_{He1} \quad (2)$$

де: U_{He1} , U_{He2} - напруга нееквипотенціальності при відключенні і підключенні резистора.

Після проходження вихідного сигналу датчика Холла через підсилювач і перетворювач "напруга-код" на виході останнього у першому випадку установлюється код

$$N_2 = k_I U_X \cos \alpha + k_I U_{He2} \quad (3)$$

і у другому випадку - код

$$N_1 = k_I U_X \cos \alpha + k_I U_{He1} \quad (4)$$

де: k_I - коефіцієнт перетворення підсилювача.

Різниця кодів ($N_1 - N_2$) дорівнює

$$N_3 = N_1 - N_2 = k_I U_X \cos \alpha + k_I U_{He1} -$$

$$(k_I U_X \cos \alpha + k_I U_{He2}) = k_I (U_{He1} - U_{He2}). \quad (5)$$

$$n = \frac{U_{He1}}{U_{He2}}$$

Якщо $\frac{U_{He1}}{U_{He2}}$, то різниця кодів при $U_{He1} > U_{He2}$ має вигляд

$$N_3 = k_I n U_{He2} - k_I U_{He2} = k_I (n - 1) U_{He2} \quad (6)$$

Із виразу (6) маємо

$$k_I U_{He2} = \frac{N_3}{n - 1}. \quad (7)$$

Аналіз виразу (3) показує, щоб вихідний сигнал датчика Холла не залежав від напруги нееквипотенціальності, потрібно із виразу (3) відняти вираз (7)

$$N_4 = N_2 - k_I U_{He2} = k_I U_X \cos \alpha + k_I U_{He2} -$$

$$k_I U_{He2} = k_I U_X \cos \alpha. \quad (3)$$

Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де:

- на фіг.1 наведена блок-схема вимірювача магнітної індукції;
- на фіг.2 наведена часова діаграма роботи формувача керуючих сигналів 12;
- на фіг.3 наведена блок-схема формувача керуючих сигналів 12;
- на фіг.4 наведена часова діаграма роботи датчика Холла 1 при підключенні резистора;

Вимірювача магнітної індукції (фіг.1) складається з датчика Холла 1, стабілізатора струму 2, підсилювача 3, перетворювача "напруга - код" 4, пристрою віднімання 5, пристрою ділення 6, пристрою віднімання 7, пристрою запам'ятовування 8, пристрою індикації 9, ключа 10, резистора 11 і формувача керуючих сигналів 12.

У вимірювачі магнітної індукції перший і другий струмові виходи датчика Холла 1 з'єднані відповідно з першим і другим виходами стабілізатора струму 2. Послідовно з'єднані ключ 10 і резистор 11 підключені поміж струмовим і холлівським входами датчика Холла 1. Входи підсилювача 3 з'єднані з холлівськими виходами датчика Холла 1. Перший вихід пристрою запам'ятовування 8 (паралельний код) з'єднано з першим входом пристрою ділення 6.

Вихід підсилювача 3 через перетворювач "напруга - код" 4 з'єднано з першим і другим входами пристрою віднімання 5, з першим входом пристрою віднімання 7. Вихід пристрою віднімання 5 з'єднано з другим входом пристрою ділення 6, вихід якого з'єднано з другим входом пристрою віднімання 7. Вихід пристрою віднімання 7 з'єднано з першим входом пристрою індикації 9. Перший вихід 13 формувача керуючих сигналів 12 з'єднано з третім входом пристрою ділення 6, з третім входом пристрою віднімання 5, з третім входом пристрою віднімання 7. Другий вихід 14 формувача керуючих сигналів 12 з'єднано з запускаючим входом перетворювача "напруга - код" 4, Третій 15, четвертий 16, п'ятий 17, шостий 18, сьомий 19, восьмий 20, дев'ятий 21 виходи формувача керуючих сигналів 12 відповідно з'єднані з четвертим входом пристрою віднімання 5, з п'ятим входом пристрою віднімання 5, з шостим входом пристрою віднімання 5, з четвертим входом пристрою ділення 6, з четвертим входом пристрою віднімання 7, другим входом пристрою індикації 9, керуючим входом ключа 10.

Блок 1 (див.фіг.1) - датчик Холла, є первинним перетворювачем магнітної індукції, наприклад, по [3].

Датчик Холла представляє собою чотирьохполюсник, виконаний у вигляді тонкої пластинки з напівпровідника у вигляді паралелепіпеда, з трьома парами взаємно - перпендикулярних граней. Сторони паралелепіпеда а, в, с, де а - довжина, в - ширина, с - товщина вибираються із умов $a \gg c$.

Виводи 1,2 датчика Холла називаються струмовими і призначені для підключення зовнішнього джерела живлення, підключаються до граней (а х с) паралелепіпеда. Виводи 3,4 датчика Холла називаються холлівськими, з яких знімається напруга U_H при внесенні датчика Холла у магнітне поле з індукцією В, підключаються до граней (в х с) паралелепіпеда. Грані (а х в) паралелепіпеда називаються гранями перетворення, в які входить вектор індукції В магнітного поля. При внесенні датчика Холла в магнітне поле на виводах 3,4 (холлівських) виникає напруга Холла U_X , яка дорівнює

$$U_X = S I_0 B \cos \alpha,$$

де:

S - чутливість до індукції датчика Холла,

I_0 - струм живлення датчика Холла,

В - індукція магнітного поля,

α - кут поміж перпендикуляром до грані перетворення (а х в) і напрямком вектора магнітної індукції В.

В якості датчика Холла можуть бути використані промислові датчики Холла Х21, ЦВТУ - 0,5 - 71 - 678, Х201, Х211, Х501 та інші.

Блок 2 (див. фіг.1) - стабілізатор струму, є звичайним стабілізованим джерелом живлення змінного струму, наприклад, по [4]. Може застосовуватися джерело живлення датчика Холла прилада Щ4310, Р6.2.729.002.335.

Блок 3 (див. фіг.1) - підсилювач, є типовим радіоелектронним пристроєм з трансформаторним входом, наприклад, по [5].

Блок 4 - перетворювач "напруга-код", є стандартним перетворювачем, наприклад, по [6]. Може застосовуватися перетворювач "напруга-код" приладу Щ4310, Р6.729.002.33.12, перетворювач "напруга-код" приладу А1710 фірми Rochaz Electronique .

Блок 5 - пристрій віднімання, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [7].

Блок 6 - пристрій ділення, є стандартним пристроєм, може бути виконаний, наприклад, по [8].

Блок 7 - пристрій віднімання, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [7].

Блок 8 - пристрій запам'ятовування, є типовим елементом цифрової техніки. Може складатися з ключів, наприклад, по [6]. Перші входи ключів з'єднані з одиничним потенціалом "1" джерела живлення. Другі входи ключів з'єднані відповідно з першим виходом пристрою запам'ятовування 8. За допомогою цих ключів формується код (п + 1), який надходить на перший вихід пристрою запам'ятовування 8.

Блок 9 - пристрій індикації, є загальновідомим типовим пристроєм радіонавігаційних та радіолокаційних систем, наприклад, по [9].

Блок 10 - ключ, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [5].

Блок 11 - резистор, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [5].

Блок 12 (див. фіг.1) - формувач керуючих сигналів 12 формує керуючі сигнали, які синхронізують роботу вимірювача магнітної індукції. Блок 12 може складатися з послідовно з'єднаних генератора імпульсів, лічильника і дешифратора. На фіг.3 наведена блок-схема формувача керуючих сигналів 12, на фіг.2 наведені часові діаграми роботи формувача керуючих сигналів 12.

Блок 12 складається з генератора імпульсів 121, лічильника 122 і дешифратора 123.

Блок 121 - генератор імпульсів, блок 122 - лічильник, блок 123 - дешифратор, є типовими елементами цифрової техніки, наприклад, по [7]. Можуть бути використані мікросхеми відповідно мультівібратор 224ГТ2, лічильник 155ІЕ2, дешифратор 155ІД1.

Формувач керуючих сигналів 12 працює таким чином. Сигнали генератора імпульсів 121 підраховуються лічильником 122. З виходу лічильника 122 паралельний код надходить на дешифратор 123. На першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому, шостому, сьомому, восьмому і дев'ятому виходах дешифратора 123 формуються відповідно сигнали початкової установки ПУ, імпульс запуску Імп. запуску, перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий керуючі сигнали Кер.1, Кер.2, Кер.3, Кер.4, Кер.5, Кер.6, Кер.7, які надходять відповідно на перший вихід 13, другий вихід 14, третій вихід 15, четвертий вихід 16, п'ятий вихід 17, шостий вихід 18, сьомий вихід 19, восьмий вихід 20 і дев'ятий вихід 21 формувача керуючих сигналів 12.

Робота вимірювача магнітної індукції виконується таким чином. Сигналом початкової установки ПУ, який надходить з першого виходу 13 формувача керуючих сигналів 12, установлюються в початковий (нульовий) стан пристрої з запам'ятовуванням: пристрій відніманні 5, пристрій ділення 6, пристрій віднімання 7.

Резистор 11 через ключ 10 по сигналу, який надходить з дев'ятого виходу 21 формувача керуючих сигналів 12 на керуючий вхід ключа 10, одноразово підключається до струмового входу датчика Холла 1. Після закінчення сигналу резистор 11 відключається від струмового входу датчика Холла 1. На виході датчика Холла 1, з'являється сигнал, пропорційний магнітній індукції В.

При відключенні резистора 11 від струмового входу датчика Холла 1 вихідний сигнал датчика Холла 1 буде $u_1 = u_x \cos \alpha + u_{не1}$, а при підключенні резистора - $u_2 = u_x \cos \alpha + u_{не2}$. Вихідний сигнал датчика Холла 1 надходить через підсилювач 3 на перетворювач "напруга - код" 4.

Часова діаграма роботи датчика Холла 1 приведена на фіг.4. Оскільки $u_{не1} \neq u_{не2}$, $u_1 \neq u_2$.

Після надходження сигналу з виходу 14 формувача керуючих сигналів 12 на запускаючий вхід перетворювача "напруга-код" 4 перетворювач 4 спрацьовує. При підключенні резистора 11 до струмового входу датчика Холла 1 на виході перетворювача "напруга - код" 4 установлюється код

$$N_1 = k_1 u_x \cos \alpha + k_1 u_{не2}$$

де: k_1 - коефіцієнт перетворення підсилювача 3;

При відключенні резистора 10 від струмового входу датчика Холла 1 на виході перетворювача "напруга - код" 4 установлюється код

$$N_2 = k_1 u_x \cos \alpha + k_1 u_{не1} = k_1 u_x \cos \alpha + k_1 u_{не1}.$$

$$n = \frac{u_{не1}}{u_{не2}}$$

Значення коефіцієнта $\frac{u_{не1}}{u_{не2}}$ для кожного датчика Холла 1 установлюється попередньо і заноситься в пристрій запам'ятовування 8. Для цього вимірюються вихідні сигнали датчика Холла 1, який розміщується в екрані (В = 0). При підключенні резистора поміж струмовим і холлівським входами датчика Холла 1 вихідний сигнал датчика Холла 1 буде $u_{не2}$, при відключенні резистора вихідний сигнал датчика Холла 1 - $u_{не1}$. При цьому $u_{не1} > u_{не2}$.

По сигналу, який надходить з виходу 15 формувача 12, код N_2 надходить на перший вхід пристрою

віднімання 5. По сигналу , який надходить з виходу 16 формувача 12 код N1, надходить на другі входи пристроїв віднімання 5, 7. Після надходження керуючого сигналу з виходу 17 формувача 12 на виході пристрою віднімання 5 буде код

$$N_3 = N_2 - N_1 = (k_1 u_x \cos \alpha + k_{1n} u_{не2}) - (k_1 u_x \cos \alpha + k_1 u_{не2}) = k_1 (n - 1) u_{не2},$$

Код N3, надходить на перший вхід пристрою ділення 6. На другий вхід якого надходить коефіцієнт (n - 1). з першого виходу пристрою запам'ятовування 8. Після надходження керуючого сигналу з виходу 18 формувача 12 на виході пристрою ділення 6 буде код

$$N_4 = \frac{N_3}{n-1} = \frac{k_1(n-1)u_{не2}}{(n-1)} = k_1 u_{не2}.$$

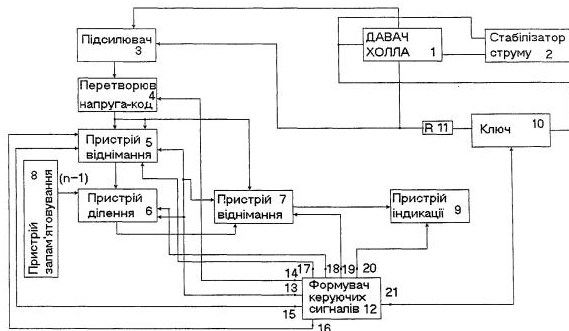
Код N4 надходить на другий вхід пристрою віднімання 7, на перший вхід якого надходить код N1. Після надходження керуючого сигналу з виходу 19 формувача 12 на виході пристрою віднімання 7 буде код

$$N_5 = N_1 - N_4 = (k_1 u_x \cos \alpha + k_1 u_{не2}) - k_1 u_{не2} = k_1 u_x \cos \alpha.$$

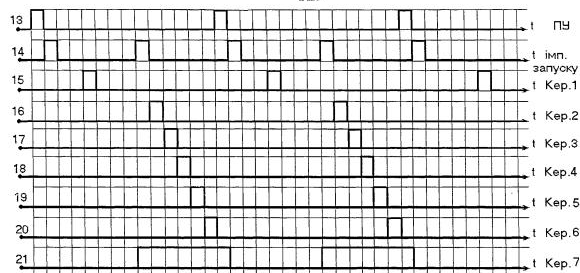
Код N5, пропорційний тільки магнітній індукції, відображається на пристрої Індикації 9.

Об'єкт, що заявляється, має переваги перед прототипом В ньому автоматично, в кожен поточний момент часу, із вихідного сигналу датчика Холла віднімається сигнал корекції, який дорівнює напрузі нееквіпотенціальності, що підвищує точність вимірювання. Часова і температурна нестабільність параметрів датчика Холла не приводить до виникнення аддитивної похибки, оскільки напруга нееквіпотенціальності і сигнал корекції змінюються на однакову величину і взаємно компенсуються. Це особливо важливо при вимірюванні датчиком Холла магнітної індукції у діапазоні до 10мТ., (магнітна індукція Землі дорівнює 0,07мТ) коли напруга Холла несуттєво відрізняється від напруги нееквіпотенціальності.

На державному підприємстві "Фінмаш" спільно з ІЕД НАН України виготовлено елементи макета вимірювача магнітної індукції Технічна документація виготовлена на рівні ескізних креслень, які дозволяють відтворити запропонований вимірювач магнітної індукції.



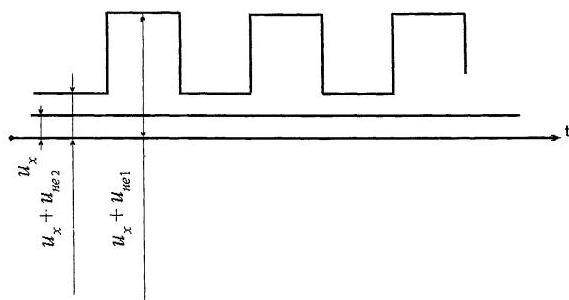
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4