



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57214 (13) A

(51) 7 G01S3/02, G01S5/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КАНАЛ ЕЛЕКТРОННОГО КОМПАСА

1

2

(21) 2002021691

(22) 28 02 2002

(24) 16 06 2003

(46) 16 06 2003, Бюл. № 6, 2003 р.

(72) Маранов Олександр Вікторович, Остапов Ана-
толій Олександрович, Чигирин Олег Трохимович,
Чигирин Юрій Трохимович, Трифонов Валерій Ми-
колайович

(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ФІНМАШ"

(57) Вимірювальний канал електронного компаса, що містить давач Холла, стабілізатор струму, перший і другий виходи якого відповідно з'єднані з струмовими входами давача Холла, перший перетворювач "напруга-код", пристрій індикації, який відрізняється тим, що додатково введено послідовно з'єднані резистор і ключ, підключені між струмовим і холлівським входами давача Холла, підсилювач, входи якого з'єднані з холлівськими виходами давача Холла, формувач змінної складової, формувач постійної складової, другий перетворювач "напруга-код", пристрій ділення, пристрій множення, пристрій запам'ятовування, перший і другий виходи якого відповідно з'єднані з першими входами пристрою

ділення і пристрою множення, пристрій віднімання, перший вихід підсилювача через формувач змінної складової і перший перетворювач з'єднано з другим входом пристрою ділення, вихід якого з'єднано з другим входом пристрою множення, вихід якого з'єднано з першим входом пристрою віднімання, другий вхід і вихід якого відповідно з'єднані з виходом другого перетворювача напру-га-код і першим входом пристрою індикації, другий вихід підсилювача через формувач постійної складової з'єднано з першим входом другого перетворювача "напруга-код", формувач керуючих сигналів, перший вихід якого з'єднано з третім входом пристрою ділення, з третім входом при-строю множення, з третім входом пристрою віднімання, другий вихід формувача керуючих сиг-налів з'єднано з запускаючими входами перетво-рювачів "напруга-код", третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий виходи формувача керуючих сиг-налів відповідно з'єднані з четвертим входом при-строю ділення, з четвертим входом пристрою множення, з четвертим входом пристрою віднімання, з другим входом пристрою індикації, з керуючим входом ключа

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 вимірювальні канали, які призначені для вимірювання магнітного поля Землі [1]. Вимірювальний канал складається з давача Холла, підсилювача, джерела живлення і вимірювального приладу. Вхідний сигнал давача 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 давача Холла паразитного сигналу. Паразитний сигнал давача Холла в основному залежить від напруги нееквопотенціальності.

З відомих вимірювальних каналів, призначених для вимірювання магнітного поля Землі, найбільш близьким по технічній суті є вимірювальний канал, який наведено у роботі [2] і який вибрано за прототип. Вимірювальний канал складається з давача Холла, стабілізатора струму (джерела живлення), підсилювача, перетворювача напруга-код, блока керування і пристрою індикації. Перший і другий виходи стабілізатора струму з'єднані з струмовими входами давача 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

(13) A

(11) 57214

(19) UA

пристрою індикації. Вихідний сигнал давача Холла, пропорційний магнітній індукції, підсилюється підсилювачем і кодується перетворювачем "напруга-код". Результат вимірювання відображається пристроєм індикації.

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

$$U_1 = BSI_0 \cos \alpha + I_0 \Gamma_{\text{не}} - U_{\text{х}} \cos \alpha + U_{\text{не}}$$

де S - чутливість давача Холла до магнітної індукції,

I_0 - постійний струм живлення стабілізатора струму,

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

B - постійна магнітна індукція,

$U_{\text{х}}$ - напруга Холла,

$\Gamma_{\text{не}}$ - опір нееквотенціальності,

$U_{\text{не}}$ - напруга нееквотенціальності,

$U_{\text{х}} = BSI_0$,

$U_{\text{не}} = I_0 \Gamma_{\text{не}}$

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

Задачею винаходу є підвищення точності вимірювання магнітної індукції. Для підвищення точності вимірювання магнітної індукції у вимірювальний канал, який складається з давача Холла, стабілізатора струму, перший і другий виходи якого відповідно з'єднані з струмовими входами давача Холла, першого перетворювача "напруга-код", пристрою індикації додатково запроваджено резистор, ключ, послідовно з'єднані резистор і ключ, підключені між струмовим і холлівським входами давача Холла, підсилювач, входи якого з'єднані з холлівськими виходами давача Холла, формувач змінної складової, формувач постійної складової, другий перетворювач "напруга-код", пристрій ділення, пристрій множення, пристрій запам'ятовування, перший і другий виходи якого відповідно з'єднані з першими входами пристрою ділення і пристрою множення, пристрій віднімання, перший вихід підсилювача через формувач змінної складової і перший перетворювач з'єднано з другим входом пристрою ділення, вихід якого з'єднано з другим входом пристрою множення, вихід якого з'єднано з першим входом пристрою віднімання, другий вхід і вихід якого відповідно з'єднані з виходом другого перетворювача "напруга-код" і першим входом пристрою індикації, другий вихід підсилювача через формувач постійної складової з'єднано з першим входом другого перетворювача "напруга-код", формувач керуючих сигналів, перший вихід якого з'єднано з третім входом пристрою ділення, з третім входом пристрою множення, з третім входом пристрою віднімання, другий

вихід формувача керуючих сигналів з'єднано з запусकाючими входами перетворювачів напруга-код, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий виходи формувача керуючих сигналів відповідно з'єднані з четвертим входом пристрою ділення, з четвертим входом пристрою множення, з четвертим входом пристрою віднімання, другим входом пристрою індикації, з керуючим входом ключа.

Підвищення точності вимірювання магнітної індукції B досягається за рахунок автоматичного виключення з вихідного сигналу давача Холла напруги нееквотенціальності $U_{\text{не}}$, яка змінюється в залежності від температури середовища. При постійній магнітній індукції B і постійному струмі живлення давача Холла I_0 вихідний сигнал давача Холла є простим і його складові (напругу Холла $U_{\text{х}} \cos \alpha$ і напругу нееквотенціальності $U_{\text{не}}$) неможливо розділити, тому що вони є складовими одного виду, в данному випадку постійного струму. При зміні структури вихідного сигналу давача 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 $U_{\text{х}} \cos \alpha$ або від напруги нееквотенціальності $U_{\text{не}}$. Складним є сигнал, який має дві, або більше, складових різного виду, простим є сигнал, який має одну складову [11]. Для зміни структури вихідного сигналу давача Холла з частотою тактового генератора проводиться підключення резистора між струмовим і холлівськими входами давача Холла. При відключенні резистора вихідний сигнал давача Холла дорівнює

$$u_1 = U_{\text{х}} \cos \alpha + U_{\text{не}1} \quad (1)$$

При підключенні резистора вихідний сигнал давача Холла дорівнює

$$u_{11} = U_{\text{х}} \cos \alpha + U_{\text{не}2} \quad (2)$$

Оскільки $U_{\text{не}1} \neq U_{\text{не}2}$, то сумарний вихідний сигнал давача Холла $u_{\Sigma} = u_1 + u_{11}$ змінює свою структуру - він тепер має постійну і змінну складові. Постійна складова вихідного сигналу давача Холла дорівнює

$$U_{\text{пос}} = \frac{u_1 + u_{11}}{2} = U_{\text{х}} \cos \alpha + \frac{U_{\text{не}1} + U_{\text{не}2}}{2} \quad (3)$$

Змінна складова вихідного сигналу давача Холла дорівнює

$$U_{\text{зм}} = \frac{u_1 - u_{11}}{2} = \frac{U_{\text{не}1} - U_{\text{не}2}}{2} \quad (4)$$

$$n = \frac{U_{\text{не}1}}{U_{\text{не}2}}$$

Якщо $\frac{U_{\text{не}1}}{U_{\text{не}2}}$ то вирази для постійної і змінної складових вихідного сигналу давачі мають вигляд при $U_{\text{не}1} > U_{\text{не}2}$ мають вигляд

$$U_{\text{пос}} = U_{\text{х}} \cos \alpha + \frac{(n+1)U_{\text{не}2}}{2}, \quad (5)$$

$$U_{\text{зм}} = \frac{(n-1)U_{\text{не}2}}{2} \quad (6)$$

Із (6) маємо

$$\frac{U_{\text{не}2}}{2} = \frac{U_{\text{зм}}}{n-1} \quad (7)$$

і з урахування (7) вираз (5) буде

$$U_{\text{пос}} = U_{\text{х}} \cos \alpha + \frac{(n+1)}{(n-1)} U_{\text{зм}} \quad (8)$$

Аналіз виразу (8) показує, щоб вихідний сиг-

нал давача Холла $U_{\text{рез}}$ не залежав від напруги не-еквопотенціальності, потрібно із виразу (8) відняти

$$\frac{(n+1)}{(n-1)} U_{\text{зм}}$$

$$U_{\text{рез}} = U_x \cos \alpha + \frac{(n+1)}{(n-1)} U_{\text{зм}} - \frac{U_{\text{зм}}(n+1)}{(n-1)} = U_x \cos \alpha \quad (9)$$

Застосування цих названих відмітних ознак зі зв'язками поміж ними в інших аналогічних пристроях авторам невідомо, тому відповідає критерію "новизна" Забезпечення запропонованого пристрою новою сукупністю ознак для виконання поставленої задачі дозволяє стверджувати, що запропонований пристрій відповідає умовам патентоздатності, так як він є новим, має винахідницький рівень та промислове застосування

Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де

- на фіг 1 наведена блок-схема вимірювально-го каналу електронного компаса,
- на фіг 2 наведена часова діаграма роботи формувача керуючих сигналів 15,
- на фіг 3 наведена блок-схема формувача керуючих сигналів 15,
- на фіг 4 наведена часова діаграма роботи давача Холла 1 при підключенні резистора,
- на фіг 5 наведена блок-схема формувача змінної складової,
- на фіг 6 наведена блок-схема формувача постійної складової

Вимірювальний канал електронного компаса (фіг 1) складається з давача Холла 1, стабілізатора струму 2, підсилювача 3, формувача змінної складової 4, формувача постійної складової 5, перетворювачів напруга - код 6, 7, пристрою ділення 8, пристрою множення 9, пристрою віднімання 10, пристрою запам'ятовування 11, пристрою індикації 12, ключа 13, резистора 14 і формувача керуючих сигналів 15

У вимірювальному каналі електронного компаса перший і другий струмові виходи давача Холла 1 з'єднані відповідно з першим і другим виходами стабілізатора струму 2. Послідовно з'єднані ключ 13 і резистор 14 підключені поміж струмовим і холлівським входами давача Холла 1. Входи підсилювача 3 з'єднані з холлівськими виходами давача Холла 1. Перший і другий виходи пристрою запам'ятовування 11 (паралельний код) відповідно з'єднані з першими входами пристрою ділення 8 і пристрою множення 9. Перший вихід підсилювача 3 через формувач змінної складової 4 і перетворювач напруга - код 7 з'єднано з другим входом пристрою ділення 8, вихід якого з'єднано з другим входом пристрою множення 9. Вихід пристрою множення 9 з'єднано з першим входом пристрою віднімання 10, другий вхід і вихід якого відповідно з'єднані з виходом перетворювача напруга - код 6 і входом пристрою індикації 12. Другий вихід підсилювача 3 через формувач постійної складової 5 з'єднано з першим входом перетворювача напруга - код 6. Перший вихід 16 формувача керуючих сигналів 15 з'єднано з третім входом пристрою ділення 8, з третім входом пристрою множення 9, з третім входом пристрою віднімання 10. Другий 17 вихід формувача керуючих сигналів 15 з'єднано з запусковими входами перетворювачів напруга -

код 6, 7. Третій 18, четвертий 19, п'ятий 20, шостий 21, сьомий 22 виходи формувача керуючих сигналів 15 відповідно з'єднані з четвертим входом пристрою ділення 8, з четвертим входом пристрою множення 9, четвертим входом пристрою віднімання 10, другим входом пристрою індикації 12, керуючим входом ключа 13.

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

Давач 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 $a \gg c$, $v \gg c$.

Виводи 1, 2 давача Холла називаються струмовими і призначені для підключення зовнішнього джерела живлення, підключаються до граней (а х с) паралелепіпеда. Виводи 3, 4 давача Холла називаються холлівськими, з яких знімається напруга U_x при внесенні давача 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 давача 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 давача Холла,

I_0 - струм живлення давача Холла,

B - індукція магнітного поля,

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

В якості давача Холла можуть бути використані промислові давачі 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 давача 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 (див. фіг 5) - формувач змінної складової, призначено для виділення змінної складової вихідного сигналу давача Холла 1. Формувач змінної складової (фіг 5) складається з ємкості 41 і перетворювача змінного сигналу в постійний 42. Через ємкість 41 проходить тільки змінна складова вихідного сигналу давача Холла 1, яка надходить на перетворювач 42, який перетворює її в сигнал постійного струму.

Блок 41 - ємкість, є типовим елементом вимірювальних схем, наприклад, по [5].

Блок 42 - перетворювач змінного сигналу в сигнал постійного струму, є типовим елементом вимірювальної техніки, наприклад, по [6].

Блок 5 (див. фіг 6) - формувач постійної складової, є звичайним фільтром нижніх частот, наприклад, по [4], призначено для виділення із вихідного сигналу давача Холла 1 постійної складової. Фор-

мувач постійної складової (фіг 6) складається з ємкості 51 і резистора 52

Блок 51 - ємкість, є типовим елементом вимірювальних схем, наприклад, по [5]

Блок 52 - резистор, є типовим елементом вимірювальної техніки, наприклад, по [5]

Блок 6, 7 (див. фіг 1) - перетворювач "напруга-код", є стандартним перетворювачем, наприклад, по [7]. Може застосовуватись перетворювач "напруга-код" приладу Щ-4310, Р6 729 002 33 12, перетворювач "напруга-код" приладу А1710 фірми Rochaz Electronique

Блок 8 (див. фіг 1) - пристрій ділення, є стандартним пристроєм, може бути виконаний, наприклад, по [8]

Блок 9 (див. фіг 1) - пристрій множення, є стандартним пристроєм, може бути виконаний, наприклад, по [9]

Блок 10 (див. фіг 1) - пристрій віднімання, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, [10]

Блок 11 (див. фіг 1) - 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 і другим виходами пристрою запам'ятовування 11. За допомогою цих ключів формується коди $(n-1)$ і $(n+1)$, які відповідно надходять на перший і другий виходи пристрою запам'ятовування 11

Блок 12 (див. фіг 1) - пристрій індикації, є загальновідомим типовим пристроєм радіонавігаційних та радіолокаційних систем, наприклад, по [7]

Блок 13 (див. фіг 1) - ключ, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [5]

Блок 14 (див. фіг 1) - резистор, є типовим пристроєм цифрової техніки, наприклад, по [5]

Блок 15 (див. фіг 1) - формувач керуючих сигналів формує керуючі сигнали, які синхронізують роботу вимірювального каналу. Блок 15 може складатися з послідовно з'єднаних генератора імпульсів, лічильника і дешифратора. На фіг 3 наведена блок-схема формувача керуючих сигналів 15, на фіг 2 наведені часові діаграми роботи формувача керуючих сигналів 15

Блок 15 складається з генератора імпульсів 151, лічильника 152 і дешифратора 153

Блок 151 - генератор імпульсів, блок 152 - лічильник, блок 153 - дешифратор, є типовими елементами цифрової техніки, наприклад, по [10]. Можуть бути використані мікросхеми відповідно мультівібратор 224ГГ2, 155ІЕ2, 155ІД1

Формувач керуючих сигналів 15 працює таким чином. Сигнали генератора імпульсів 151 підраховуються лічильником 152. З виходу лічильника 152 паралельний код надходить на дешифратор 153. На першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому, шостому, сьомому виходах дешифратора 153 формуються відповідно сигнали початкової установки ПУ, імпульс запуску Імп запуску, перший, другий, третій, четвертий, п'ятий керуючі сигнали Кер 1, Кер 2, Кер 3, Кер 4, Кер 5, які надходять відповідно на перший вихід 16, другий вихід 17, третій вихід 18, четвертий вихід 19, п'ятий вихід 20 і шостий вихід 21, сьомий вихід 22 форму-

вача керуючих сигналів 15

Робота вимірювального каналу електронного компаса виконується таким чином. Сигналом початкової установки ПУ, який надходить з виходу 16 формувача керуючих сигналів 15, установлюються в початковий (нульовий) стан пристрої з запам'ятовуванням пристрій ділення 8, пристрій множення 9, пристрій віднімання 10

Резистор 14 через ключ 13 з частотою керуючого сигналу, який надходить з виходу 22 формувача керуючих сигналів 15 на керуючий вхід ключа 13, підключається до струмового входу давача Холла 1. На виході давача Холла 1 з'являється сигнал, пропорційний магнітній індукції

$$u_1 = (u_x \cos \alpha + u_{ne1}) + (u_x \cos \alpha + u_{ne2}),$$

який надходить на підсилювач 3

Оскільки $u_{ne} \neq u_{ne2}$, то вихідний сигнал давача Холла 1 має постійну і змінну складові. Часова діаграма роботи давача Холла 1 приведена на фіг 4

Формувач змінної складової 4 (фіг 5), на який надходить сигнал з першого виходу підсилювача 3, виділяє змінну складову цього сигналу і перетворює її в сигнал постійного струму, який надходить на перетворювач "напруга-код" 7. Після надходження сигналу з 17 виходу формувача керуючих сигналів 15 на запускаючий вхід перетворювача "напруга-код" 7 на виході перетворювача 7 установлюється код

$$N_1 = \frac{1}{2} (k_1 k_2 u_x \cos \alpha + k_1 k_2 u_{ne1}) - \frac{1}{2} (k_1 k_2 u_x \cos \alpha + k_1 k_2 u_{ne2}) =$$

$$= \frac{1}{2} k_1 k_2 (u_{ne1} - u_{ne2}) = k_1 k_2 \frac{(n-1) u_{ne2}}{2},$$

де k_1 - коефіцієнт перетворення підсилювача 3,

k_2 - коефіцієнт перетворення формувача змінної складової 4

$$n = \frac{u_{ne1}}{u_{ne2}}$$

Значення коефіцієнта $n = \frac{u_{ne1}}{u_{ne2}}$ для кожного давача Холла 1 установлюється попередньо і заноситься в пристрій запам'ятовування 11. Для цього вимірюються вихідні сигнали давача Холла 1, який розміщується в екрані ($B = 0$). При підключенні резистора між струмовим і холлівським входами давача Холла 1 вихідний сигнал давача Холла 1 буде u_{ne2} , при відключенні резистора вихідний сигнал давача Холла 1 - u_{ne1} . При цьому $u_{ne1} > u_{ne2}$

Код N_1 надходить на перший вхід пристрою ділення 8, на другий вхід якого надходить код коефіцієнта $(n-1)$ з першого виходу пристрою запам'ятовування 11. Після надходження керуючого сигналу з виходу 18 формувача 15 на виході пристрою ділення 8 буде код

$$N_2 = \frac{k_1 k_2 u_{ne2}}{2},$$

Код N_2 надходить на перший вхід пристрою множення 9. На другий вхід пристрою множення 9 з другого виходу пристрою запам'ятовування 11 надходить

коефіцієнт $(n+1)$. Після надходження керуючого сигналу з виходу 19 формувача 15 на виході пристрою множення 9 буде код

$$N_3 = \frac{k_1 k_2 (n+1) u_{ne2}}{2}$$

Сигнал з другого виходу підсилювача 3 через формувач постійної складової 5 надходить на перетворювач "напруга - код" 6. Після надходження сигналу з виходу 17 формувача 15 на запускаючий вхід перетворювача "напруга-код" 6 на виході перетворювача 6 устновлюється код

$$N_4 = k_1 k_3 u_x \cos \alpha + \frac{k_1 k_3 (u_{ne1} + u_{ne2})}{2},$$

де k_3 - коефіцієнт перетворення формувача постійної складової. Якщо $k_2 = k_3$, то

$$N_4 = k_1 k_2 u_x \cos \alpha + \frac{k_1 k_2 (n+1) u_{ne2}}{2},$$

Код N_4 надходить на перший вхід пристрою віднімання 10, на другий вхід якого надходить код N_3 .

Після надходження керуючого сигналу з виходу 20 формувача 15 на виході пристрою віднімання 10 устновлюється код

$$N_5 = N_4 - N_3 = (k_1 k_2 u_x \cos \alpha + \frac{k_1 k_2 (n+1) u_{ne2}}{2}) - \frac{k_1 k_2 (n+1) u_{ne2}}{2} = k_1 k_2 u_x \cos \alpha$$

Код N_5 , пропорційний тільки магнітній індукції, надходить на пристрій індикації 12.

Об'єкт, що заявляється, має переваги перед прототипом. У ньому автоматично виключається з вихідного сигналу давача Холла напруга нееквипотенціальності, яка залежить від температури навколишнього середовища, що підвищує точність вимірювання. Це особливо важливо при вимірюванні давачем Холла магнітної індукції до 10 мТл (магнітна індукція Землі дорівнює 0,07 мТл) коли напруга Холла несуттєво відрізняється від напруги нееквипотенціальності.

На державному підприємстві "Фінмаш" спільно з ІЕД НАН України виготовлено елементи макета вимірювального каналу електронного компаса. Технічна документація виготовлена на рівні ескіз-

них креслень, які дозволяють відтворити запропонований вимірювальний канал електронного компаса.

ЛІТЕРАТУРА

1 Кобус А, Тушинский Я. Датчики Холла и магниторезисторы - М «Энергия», 1971 - 454 стр.

2 Подольский И.Д., Кривов А.А. Цифровой измеритель магнитной индукции с датчиком Холла. Сб. "Методы и аппаратура для измерения параметров магнитных полей" - Л 1972 - С 35 - 41.

3 Богомолов В.И. Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления - М - Л 1961.

4 Таранов С.Г. Самонастраивающиеся приборы - Киев, Наукова Думка, 1981.

5 Мелешко Е.А. Интегральные схемы в наносекундной ядерной электронике - Изд. 2-е, доп. - М. Атомиздат, 1978 - 216 с.

6 Мартяшин А.И., Шахов А.К., Шляндин В.М. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерения - М. Энергия, 1978.

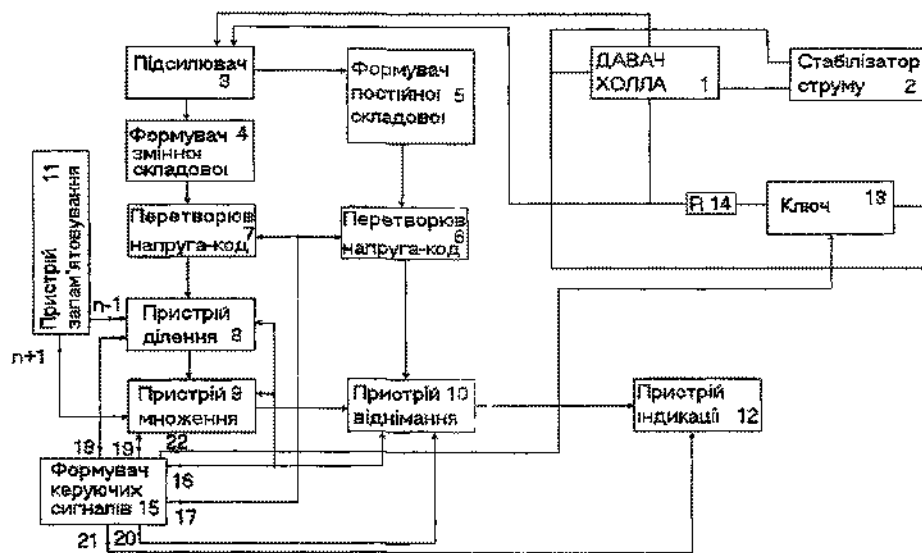
7 Хлистунов В.Н. Основы цифровой электроизмерительной техники и цифровые преобразователи. М-Л. Энергия. 1966.

8 Фойда А.И., Чигирин О.Т., Чигирин Ю.Т. Устройство деления. Авторское свидетельство СССР №347766, БИ №7, 1977.

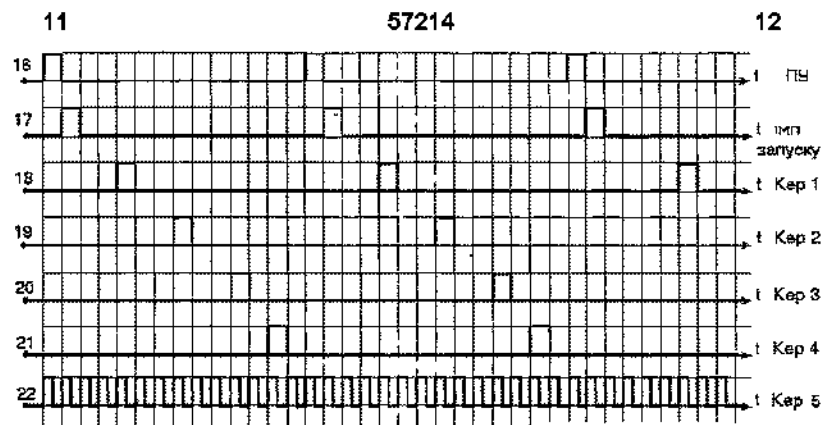
9 Фойда А.И., Чигирин О.Т., Чигирин Ю.Т. Множительно-делительное устройство. Авторское свидетельство СССР №830379, БИ №18, 1981.

10 Ричардс Р.К. Арифметические операции на цифровых вычислительных машинах - М. ИЛ 1957 - 458 с.

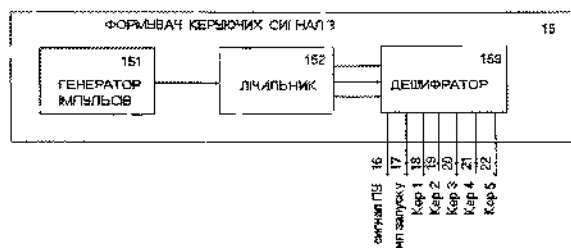
11 Шпаньон П.А., Петров Н.Б. Измерение параметров характеризующих форму и спектр электрических сигналов - М. Машиностроение, 1976.



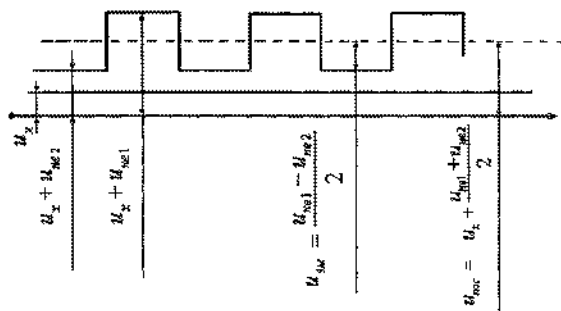
Фиг. 1



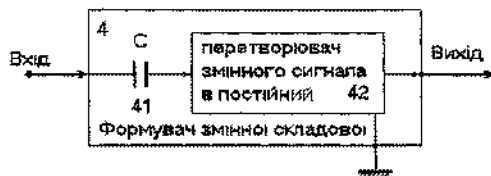
Фиг.2



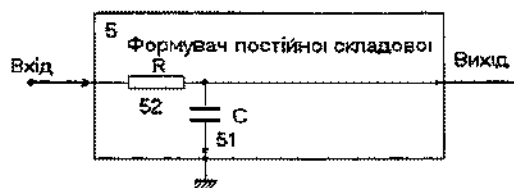
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6