



УКРАЇНА

(19) UA (11) 47085 (13) U
(51) МПК (2009)
G01C 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ СВІТЛОВІДДАЛЕМІРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

1

(21) u200909308

(22) 10.09.2009

(24) 11.01.2010

(46) 11.01.2010, Бюл.№ 1, 2010 р.

(72) БЕЛЕНКО ВАДИМ ЮРІЙОВИЧ, БУРАЧЕК
ВСЕВОЛОД GERMANOVICH, МАЛІК ТЕТЯНА МИ-
КОЛАЇВНА, ПАРАНІЧ ВІКТОР ПЕТРОВИЧ(73) КОЛЕДЖ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ НАУ(57) Спосіб світловіддалемірних вимірювань, за-
снований на методі імпульсної світлолокації з пла-
вною зміною частоти світлових імпульсів, який
відрізняється тим, що змінюють частоту прохо-
дження імпульсів до отримання подвійної частоти
імпульсів відносно масштабної, фіксують значення
масштабної частоти в момент появи подвійної ча-
стоти, одночасно виконують визначення наближе-
ного значення вимірюваної відстані S^* за часом
проходження імпульсами подвійної відстані $2S^*$ за
формулою :

$$S^* = \frac{V\tau}{2},$$

Спосіб належить до геодезії, зокрема до від-
далемірних вимірювань, і є представником імпуль-
сно-частотного методу вимірювання відстаней.

Існує три основні методи вимірювання даль-
ності: часовий (імпульсний), фазовий та частот-
ний. Четвертим методом є комбінований, що може
поєднувати деякі основні. Наприклад, часовий
метод визначення відстані від випромінювача до
відбивача заснований на вимірюванні годинних
інтервалів проходження випроміненим імпульсом
відстані від випромінювача до відбивача і назад.
Недоліком цього пристрою є низька точність ви-
значення часу (~10нс), яка задовольняє геодезис-
тів при вимірюванні ліній довжиною ≥ 100 км [1].

Більш точним є фазовий спосіб. У ньому як
вимірювальний пристрій використовують фазо-
метр, що вимірює різницю фаз між прямими (без-
посередніми) і відбитими від об'єкта коливаннями,
що пройшли подвійну відстань між приймачем
(випромінювачем) і об'єктом. При відомій частоті
випромінюваних коливань, швидкості поширення
їх у повітрі та вимірній різниці фаз між прямими і

2

де: S^* - наближене значення вимірюваної відстані;
 V - швидкість поширення світлових імпульсів у
даному середовищі;

τ - час проходження світловими імпульсами по-
двійної вимірюваної відстані $2S^*$,
при цьому визначають наближене значення числа
довжин хвиль на частоті f за формулою:

$$n^* = \frac{2f}{V} S^*,$$

де: n^* - наближене значення числа довжин хвиль
на частоті f ;

f - значення масштабної частоти в момент появи
подвійної частоти,
обчислюють точне значення вимірюваної відстані
за формулою:

$$S = \frac{V}{2f} n,$$

де S - точне значення вимірюваної відстані;
 n - число довжин хвиль на частоті f - це є округле-
не до цілого значення n^* .

відбитими від об'єкта коливаннями вимірюють від-
стань. Великим недоліком фазового методу є те,
що фазометри вимірюють тільки фазовий домір,
що призводить до задачі багатозначності [1].

Для зменшення впливу помилки вимірювання
різниці фаз на точність визначення довжини лінії
потрібно збільшувати частоту. Такі засоби дозво-
ляють вимірювати дистанцію до об'єкта з достат-
ньою для геодезії точністю при частотах не мен-
ших 10МГц [1].

Ще одним недоліком фазового методу є скла-
дність апаратури та методики для фазових вимі-
рів.

Найбільш близьким аналогом до запропоно-
ваного способу є імпульсний світловіддалемір із
плавною зміною частоти випромінювання, який
можна прийняти за прототип [2].

Задачею корисної моделі є створення способу
вимірювання відстаней, що дозволяє спростити
процедуру вимірювання, підвищити точність та
швидкість вимірювань.

(13) U

(11) 47085

(19) UA

Поставлена задача вирішується за рахунок створення способу світловіддалемірних вимірювань, заснованого на методі імпульсної світлолокації з плавною зміною частоти світлових імпульсів, який відрізняється тим, що змінюють частоту проходження імпульсів до отримання подвійної частоти імпульсів відносно масштабної, фіксують значення масштабної частоти в момент появи подвійної частоти, одночасно виконують визначення наближеного значення вимірюваної відстані S^* за часом проходження імпульсами подвійної відстані $2S^*$:

$$S^* = \frac{V\tau}{2}, \quad (1)$$

де S^* - наближене значення вимірюваної відстані;

V - швидкість поширення світлових імпульсів у даному середовищі;

τ - час проходження світловими імпульсами подвійної вимірюваної відстані $2S^*$,

при цьому визначають наближене значення числа довжин хвиль на частоті f :

$$n^* = \frac{2f}{V} S^*, \quad (2)$$

де n^* - наближене значення числа довжин хвиль на частоті f ;

f - значення масштабної частоти в момент появи подвійної частоти,

обчислюють точне значення вимірюваної відстані за формулою:

$$S = \frac{V}{2f} n, \quad (3)$$

де S - точне значення вимірюваної відстані;

n - число довжин хвиль на частоті f - це є заокруглене до цілого значення n^* .

Технічним результатом є збільшення швидкості світловіддалемірних вимірювань та підвищення їх точності.

На Фіг.1 представлена блок-схема пристрою, який реалізує запропонований спосіб. Відповідними цифрами на ній позначено:

- 1 - блок керування та обробки інформації;
- 2 - генератор електричних імпульсів змінної частоти;
- 3 - випромінювач світлових імпульсів;
- 4 - відбивач;
- 5 - оптико-електронний прийомний пристрій;
- 6 - змішувач частот (прямих та відбитих імпульсів);
- 7 - блок ділення змішаної частоти прямих та відбитих імпульсів;
- 8 - блок порівняння частот;
- 9 - блок ділення масштабної частоти навпіл;
- 10 - блок вимірювання та фіксації частоти;
- 11 - блок фільтра низької частоти;
- 12 - генератор гетеродинної частоти;
- 13 - змішувач частот (масштабної та гетеродинної);
- 14 - рахунковий вузол;
- 15 - блок індикації.
- 16 - блок запису і збереження інформації.

Власне світловіддалемір (блоки 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 та 16 на Фіг.1) виконаний у корпусі з підставкою і при роботі його встанов-

люють на штативі й центрують над точкою (геодезичним знаком) на початку вимірюваної відстані. Відбивач 4 встановлюють на штативі над точкою (знаком), що фіксує кінець вимірюваної відстані.

На Фіг.1 суцільними лініями зі стрілками позначені електричні зв'язки, а штриховими лініями зі стрілками - оптичні зв'язки.

Опис роботи даного пристрою пояснює сутність запропонованого способу і полягає в наступному. Із блока керування та обробки інформації (блок 1) надходить сигнал про початок роботи генератора (блок 2). Генератор виробляє сигнал масштабної частоти f_m і передає його в випромінювач світлових імпульсів (блок 3), який переробляє електричний сигнал від генератора і через формуючу оптику посиляє світлові імпульси такої ж частоти на відбивач (блок 4). Відбиті імпульси приймаються на площину фотокамери оптико-електронного прийомного пристрою (блок 5) і детектуються в електричний сигнал з частотою, що дорівнює масштабній, але з іншою фазою. Одночасно з цим на модулюючий електрод блока 5 подаються імпульси з допоміжного генератора - гетеродина (блок 12), який є некогерентним до основного - з частотою f_g , яка є близькою до масштабної. Завдяки цьому високочастотні імпульси на виході блока 5 перетворюються в низькочастотні сигнальні імпульси частоти f_c , підсилюються і через фільтр низької частоти (блок 11) направляються в обчислювальний вузол (блок 14). У обчислювальний вузол також направляються і опорні імпульси $f_{оп}$, частота яких сформувалась у змішувачі (блок 13) із імпульсів масштабної частоти f_m , що йдуть від генератора, і частоти гетеродинного генератора f_g .

Імпульси, що надходять у блок 5 з відбивача, після попереднього підсилення надходять у змішувач частот (блок 6), куди також надходять прямі імпульси від генератора масштабної частоти f_m . При плавній зміні частоти, що виробляється генератором, можна отримати момент, коли часова затримка (різниця фаз) між прямими і відбитими імпульсами, що надійшли у змішувач частот (блок 6), буде дорівнювати половині періоду проходження імпульсів. При цьому у блоці 6 отримують частоту P результуючого імпульсу, у два рази вищу, ніж частота випромінювання f_m : $F = 2 \cdot f_m$. При цьому блок 6 передає сигнал подвійної частоти P у блок ділення частоти (блок 7), який, у свою чергу, сигнал зниженої вдвічі подвійної частоти $\frac{F}{2}$ пере-

дає в блок 8 (блок порівняння частот). У блок 8 також надходить сигнал з генератора з частотою прямих імпульсів f_m . При діленні частоти P навпіл у блоці 8 виконують контроль збігу частот $f_m = \frac{F}{2}$.

При виконанні рівності частот із блока 8 у блок 1 передають сигнал про настання моменту збігу частот, тобто про появу подвійної частоти F .

У випадку, коли часова затримка між прямими і відбитими імпульсами, що надходять у змішувач частот (блок 6), не дорівнює половині періоду проходження імпульсів масштабної частоти, у блоці 6 маємо спектр частот, тобто при подальшому поді-

лу навіл частоти складного результуючого сигналу із блоку 6 у блоці 7 і порівнянні з масштабною частотою генератора у блоці 8, маємо розбіжність

частот $\frac{F}{2}$ і f_m . При плавній зміні частоти генератора f_m і поступовому наближенні частоти $\frac{F}{2}$ до значення f_m , у блоці 8 з'являється низька частота биттів ($\sim 1\text{КГц}$), поява якої характеризує наближення моменту рівності частот: $f_m = \frac{F}{2}$.

На Фіг.2 зображено залежність амплітуд гармонік складного результуючого сигналу від різниці фаз прямих і відбитих імпульсів. На Фіг.2:

- ——— - графік амплітуди першої гармоніки (масштабної частоти);

- - графік амплітуди другої гармоніки (подвійної частоти);

- - графік амплітуди третьої гармоніки.

Як видно з Фіг.2, при різниці фаз $\Delta\varphi = \pi$ мінімум амплітуди першої гармоніки відповідає моменту, коли різниця фаз між прямими (випромінюваними) і відбитими імпульсами, що надходять у змішувач (блок 6) з генератора та прийомного пристрою відповідно, дорівнює половині періоду проходження імпульсів і також відповідає моменту, коли у змішувачі буде сформована подвійна частота відносно частоти прямих імпульсів: $F = 2 \cdot f_m$.

У момент появи подвійної частоти блок 1 передає сигнал у блок вимірювання та фіксації частоти (блок 10) про обчислення частоти імпульсів заповнення $f_{\text{зап}}$, необхідної для визначення часового інтервалу між опорним $f_{\text{оп}}$ і сигнальним імпульсами f_c , що відповідає часу τ проходження світловими імпульсами подвійної вимірюваної відстані.

Частота імпульсів заповнення $f_{\text{зап}}$ утворюється у блоці 9 (блок ділення масштабної частоти навіл) шляхом поділу навіл масштабної частоти f_m , що надходить у блок 9 із генератора електричних імпульсів (блок 2). Із блоку 9 частота $f_{\text{зап}}$ надходить у блок 10 для обчислення її значення. Блок 10 передає обчислене значення f_m у рахунковий вузол.

У момент появи подвійної частоти блок 1 також передає сигнал до генератора. Генератор направляє електричний сигнал масштабної частоти f_m , на якій було сформовано подвійну частоту F , у блок 10 для обчислення значення f_m .

У момент появи подвійної частоти рахунковий вузол визначає часовий інтервал між опорним і сигнальним імпульсами шляхом множення кількості імпульсів заповнення, що вклялися в цьому інтервалі, на період імпульсів заповнення, який визначається, як величина, обернена до частоти $f_{\text{зап}}$, обчисленої в блоці 10. Далі рахунковий вузол проводить послідовні обчислення за формулами (1-3), у результаті чого визначає вимірювану відстань 8. Для обчислення вимірювальної відстані блок 1 передає у рахунковий вузол значення вимірювань за температуру, атмосферний тиск і вологість навколишнього середовища. Ці дані можуть бути введені в блок 1 за допомогою ручного набору чи безпосередньо від відповідних датчиків.

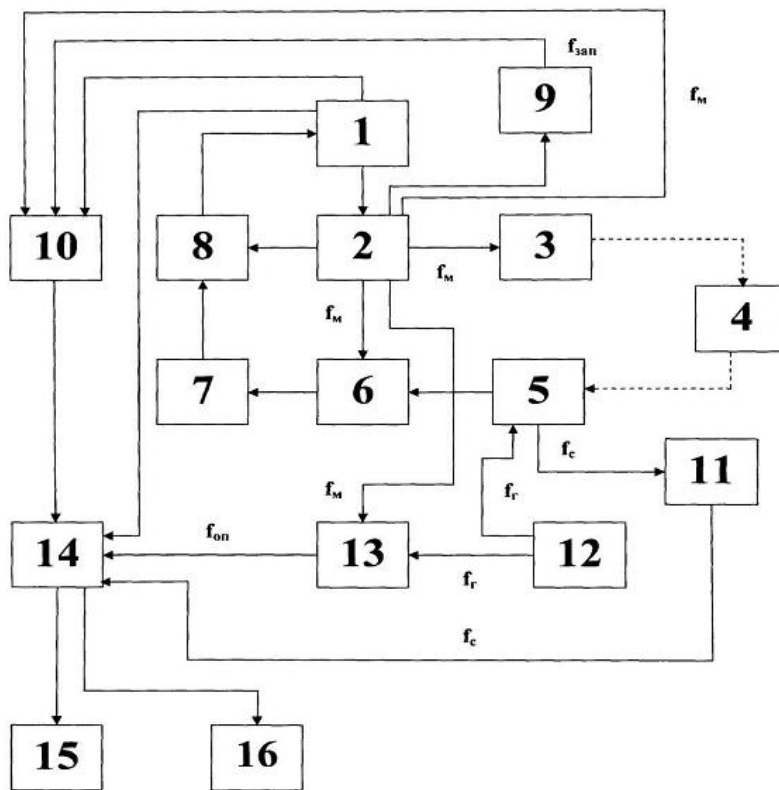
З блоку 14 у блок індикації 15 передають результати вимірів. Інформація про результати вимірювань також передається з блоку 14 у блок 16 - блок запису і збереження інформації.

Таким чином, запропонований спосіб світло-віддалемірних вимірювань дозволяє одержати підвищення точності вимірювань за рахунок виключення необхідності вимірювати різницю фаз між прямими і відбитими імпульсами.

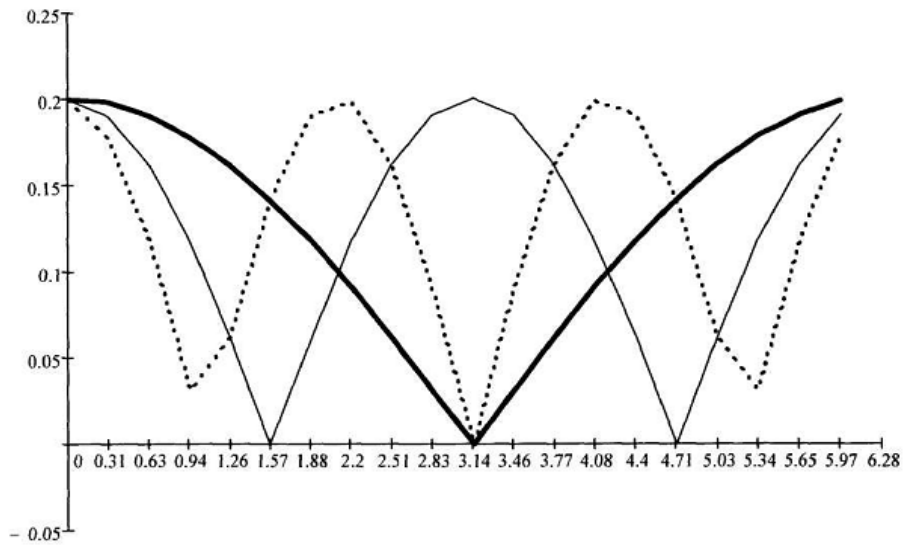
Джерела інформації:

1. Костецька Я.М. Геодезичні прилади. Частина II. Електронні геодезичні прилади: Підручник для студентів геодезичних спеціальностей вузів. - Львів: ІЗМН, 2000. - 324 с.

2. Захаров А.И. Геодезические приборы: Справочник. - М.: Недра, 1989. - 314 с: ил.



Фиг. 1



Фиг. 2