

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ І СИТЕМ

УДК 531.383

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

С.С. Ткаченко, аспір.

Національний технічний університет України „КПІ”

А.В. Коваль, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ЗАСОБИ ЗМЕНШЕННЯ ДИСКРЕТНОСТІ КВАНТУВАННЯ СИГНАЛУ КІЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРА

У статті розглянуто засоби зменшення дискретності квантування сигналу кільцевого лазера (КЛ) при вимірюванні кутів за допомогою автоматизованого вимірювача кута. Розглянуто метод зменшення ціни періоду сигналу КЛ за допомогою потенціометричного фазообертача. Множення частоти здійснено з використанням системи фазового автоматичного налаштування частоти.

Постановка проблеми. Високоточні вимірювання плоских кутів проводять за допомогою вимірювача кута з кільцевим лазером. Інформація про кутову швидкість кільцевого лазера (КЛ) закладена в різницю частот циркулюючих назустріч одне одному випромінювань. На оптичному виході КЛ ця інформація перетворюється на переміщення інтерференційних смуг або обертання площини поляризації сумішених у просторі випромінювань [1].

Оптична інформація перетворюється фотоприймачем на електричні сигнали. При цьому інформація закладена у фазу цих сигналів. Для перетворення таких сигналів у числову форму необхідно виконати операцію їх квантування за фазою. Така операція може проводитись різними засобами з урахуванням задач вимірювань і характеристик сигналу.

Аналіз досліджень та публікацій показав, що для зменшення похибки вимірювання кутів необхідно зменшувати ціну періоду сигналу КЛ шляхом зменшення дискретності квантування [2].

Мета роботи: дослідити засоби зменшення дискретності квантування сигналу кільцевого лазера.

Викладення основного матеріалу. Вимірювання кутів за допомогою вимірювача кута проводиться при відносно стабільній кутовій швидкості. Внаслідок цього нестабільність частоти сигналу на виході КЛ не перевищує 5 % при частоті декілька сотень кілогерц. Відношення сигнал/шум не менше 20. Відхилення від синусоїдальної форми (скривлення) не перевищує 5 %. Тоді, коли на виході одержують два сигнали (синусно-косинусні), відхилення зсуву фаз від 90° не перевищує 10 %. Такі характеристики сигналу сприятливі для застосування широкого кола пристроїв квантування.

Перетворення сигналу КЛ у числовий код полягає в інтегруванні частоти цього сигналу за інтервал виміру, який задається імпульсами автоколіматора (рис. 1). Такі перетворення проводять за допомогою лічильника, який підраховує за інтервал виміру T_0 (рис. 1, б) кількість імпульсів, сформованих із сигналу КЛ (рис. 1, а). В найбільш простому випадку з кожного періоду сигналу КЛ формується один імпульс. При цьому похибка перетворення буде розподілена за законом Сімпсона із середнім квадратичним відхиленням $\sigma = 1/\sqrt{6}$ [3].

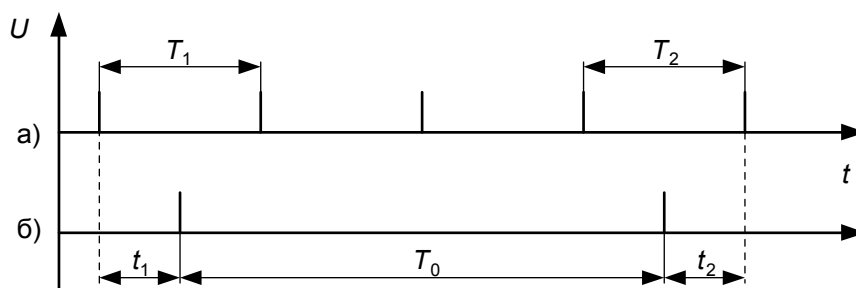


Рис. 1. Вимірювання з урахуванням частин періодів

Підвищення точності може реалізовуватись двома методами: точним вимірюванням частин періодів або зменшенням ціни періоду сигналу КЛ, наприклад, за рахунок множення його частоти.

При точному вимірюванні частин періодів необхідно визначити час t_1 , T_1 , t_2 , T_2 (рис. 1). Виміряне значення буде визначатися з виразу (1):

$$N = N_1 - \frac{t_1}{T_1} + \frac{T_2 - t_2}{T_2}, \tag{1}$$

де N_1 – ціла кількість імпульсів, які пораховані за інтервал вимірювання T_0 .

Перевагою такої реалізації є те, що в ній може бути забезпечена висока частота при вимірюванні інтервалів t_1, T_1, t_2, T_2 , а значить – висока точність вимірювання.

До недоліків слід віднести апаратні та програмні ускладнення, оскільки потрібно збільшити кількість лічильників, забезпечити приймання та обробку 5 чисел на одне вимірювання. Тому представляють інтерес пристрої, в яких інформація за один інтервал вимірювання видається у вигляді одного числа. В цьому випадку для зменшення похибки вимірювання необхідно зменшувати ціну періоду сигналу КЛ шляхом зменшення дискретності квантування. Зменшення дискретності квантування сигналу КЛ може бути реалізоване за рахунок використання його багатозафазного сигналу. Зважаючи на те, що інформація в КЛ видається у вигляді переміщення смуг інтерференційної картини або обертання площини поляризації, установка декількох вузлів з фотоприймачами дозволяє одержати багатозафазну систему сигналів з рівномірним фазовим зсувом. Із цих сигналів, наприклад, при перевищенні заданого порогу формують імпульси, які потім об'єднують в один канал. Це дозволяє зменшити дискретність квантування пропорційно кількості фаз.

Зазвичай на виході КЛ одержують синусно-косинусні сигнали. Не завдасть труднощів одержати чотирифазну систему електричних сигналів із зсувом фаз через кожні 45° . Це дозволяє в чотири рази зменшити дискретність квантування. Окрім того, з використанням синусно-косинусних сигналів за рахунок їх відповідної аналогової обробки можна отримати систему багатозафазних сигналів. Для цього можуть використовуватись потенціометричні фазообертачі [1].

На рис. 2 наведено один з потенціометричних фазообертачів. До двох генераторів E_1 і E_2 , сигнали яких мають фазовий зсув 90° , підключені резистори R_1 і R_2 . Амплітуда та фаза сигналу, який знімається з такого дільника, буде визначатися виразами (2):

$$U = E \sqrt{1 - 2a(1 - a)},$$

$$\phi = \arctg \frac{a}{1 - a}, \tag{2}$$

$$a = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

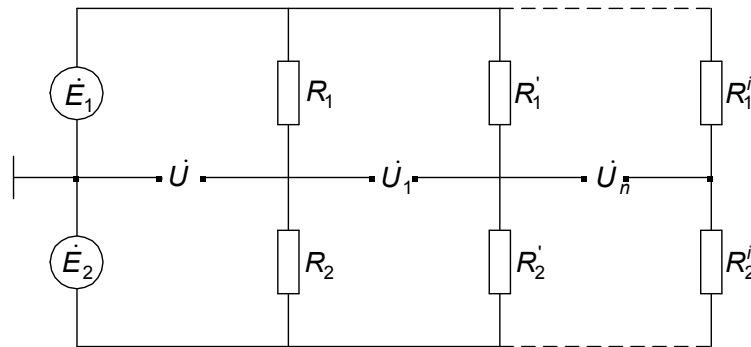


Рис. 2. Потенціометричний фазообертач

Змінюючи співвідношення R_1/R_2 , можна змінювати зсув фази від 0 до 90° . Використовуючи ланцюжок резисторів з різним співвідношенням R_1/R_2 , можна одержати систему сигналів U_1, U_2, \dots, U_n , що разом із сигналами E_1 і E_2 представляють багатозафазну систему сигналів, яку можна використовувати для зменшення дискретності квантування. Для збільшення кількості сигналів використовують, окрім сигналів E_1 і E_2 , протифазні сигнали $-E_1$ і $-E_2$. Подібна схема з послідовним з'єднанням резисторів наведена на рис. 3, вона забезпечує одержання 16-фазної системи сигналів. Дані пристрої працюють у широкому діапазоні частот і використовуються як інтерполатори у растрових перетворювачах лінійних та кутових переміщень.

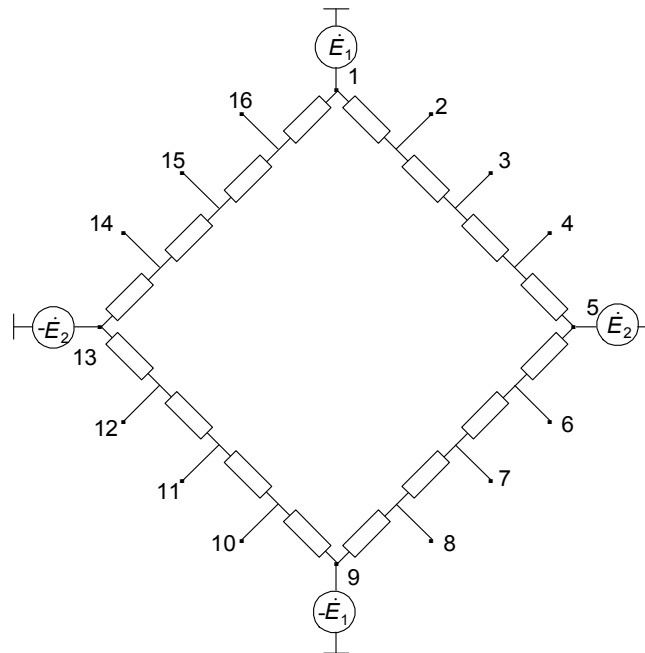


Рис. 3. Фазообертач з послідовним з'єднанням резисторів

Помножувачі частоти можуть бути побудовані з використанням системи фазового автоматичного налаштування частоти (ФАНЧ) [4]. Такі системи випускаються у вигляді інтегральних мікросхем. Схема такого помножувача наведена на рис. 4. На перший вхід фазового детектора подається сигнал з КЛ, на другий вхід детектора поступає сигнал, що керується напругою генератора, який пройшов через дільник частоти. Дільник частоти має коефіцієнт поділу n , який дорівнює заданому коефіцієнту множення частоти. За допомогою фазового детектора проводиться порівняння фаз сигналів і на виході детектора одержують постійну напругу, пропорційну різниці фаз. Цей сигнал проходить низькочастотний фільтр і подається на керуючі входи керованого напругою генератора. Частота на виході генератора дорівнює:

$$f_{вих} = n f_{вх} \tag{3}$$

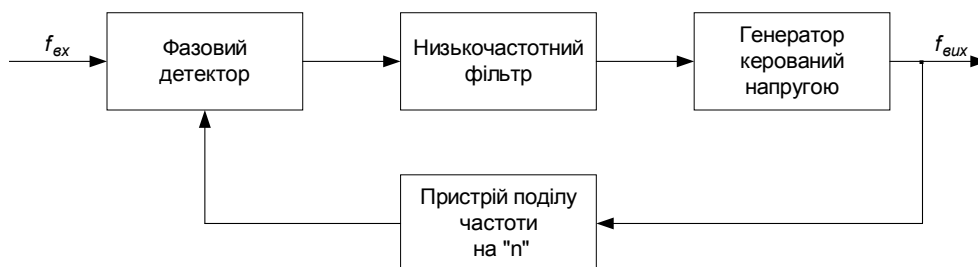


Рис. 4. Помножувач з використанням системи фазового автоматичного налаштування частоти

Цей сигнал ділиться дільником з коефіцієнтом поділу n . Тому на фазовому детекторі зрівнюються фази двох рівних за частотою сигналів. Зміна вхідного сигналу приводить до зміни частоти на виході керованого генератора напруги.

Сигнал на виході керованого генератора напруги може бути як у вигляді синусоїди, так і у вигляді імпульсів.

Задача множення частоти може бути реалізована з використанням числових схем [5]. Схема такого пристрою наведена на рис. 5.



Рис. 5. Числова схема множення частоти

На вхід пристрою управління 1 подаються сформовані імпульси f_{ex} з виходу КЛ. З приходом першого імпульсу КЛ (рис. 6, а) пристрій управління 1 через невелику затримку запускає лічильник 2, який починає підраховувати кількість періодів сигналу від генератора 3 (рис. 6, б).

З приходом другого імпульсу КЛ одержане на лічильнику 2 число ділиться пристроєм поділу 4 на заданий коефіцієнт n , на який необхідно помножити сигнал КЛ, і записується у вигляді керуючого сигналу на керованому дільнику частоти 5. За сигналом пристрою управління 1 керований дільник частоти 5 починає ділити частоту генератора на задане число n . При цьому на виході дільника буде сигнал генератора, поділений на n (рис. 6, з). Таким чином з приходом наступного імпульсу, сформованого із сигналу КЛ, лічильник через пристрій поділу відновлює інформацію про необхідність коефіцієнта поділу керованого дільника частоти, і при зміні частоти f_{ex} буде відповідно змінюватись і частота на виході.

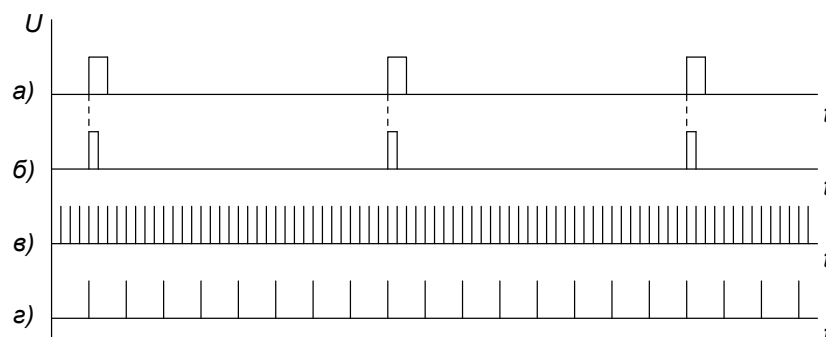


Рис. 6. Сигнали в числовій схемі множення частоти

Вказаний пристрій реалізує принцип екстраполяції, коли інформація попереднього періоду сигналу КЛ розповсюджується на наступний період. Унаслідок того, що через велику інерційність поворотної платформи різниця між двома сусідніми періодами сигналу КЛ мала, така система буде мати невелику похибку.

Висновки. Підвищення точності вимірювання кутів за допомогою вимірювача кута з кільцевим лазером може бути досягнуте використанням методу зменшення похибки вимірювання за рахунок зменшення ціни періоду сигналу КЛ шляхом зменшення дискретності квантування. Зменшення дискретності квантування сигналу КЛ може бути реалізоване за рахунок використання його багатозначного сигналу. Запропоновано використовувати для підрахунку фаз потенціометричний фазообертвач. Множення частоти може бути використано як систему фазового автоматичного налаштування частоти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Безвесільна О.М. Елементи і пристрої автоматики та систем управління / О.М. Безвесільна. – Житомир : ЖДТУ, 2008. – 699 с.

2. *Безвесильная Е.Н.* Преобразующие устройства приборов / *Е.Н. Безвесильная, П.М. Тланчук.* – К. : УМК БО, 1993. – 552 с.
3. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / *В.Е. Гмурман.* – М. : Высшая школа, 2002. – 483 с.
4. *Келин Т.* Характеристики цифровой системы фазовой автоподстройки частоты / *Т.Келин, Д.Супонников* // *Chip News.* – 2002. – № 9. – С. 16–19.
5. *Голубь В.* Несколько слов о системе АФПЧ: фазовая автоподстройка частоты / *В.Голубь* // *Компоненты и технологии.* – 2003. – № 8. – С. 92–96.

БЕЗВЕСИЛЬНА Олена Миколаївна – Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- вимірювальні перетворювачі;
- гравіметрія;
- інформаційні системи.

Тел.: (044)236–09–26.

ТКАЧЕНКО Світлана Сергіївна – аспірантка кафедри приладобудування Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційні системи;
- вимірювачі кутів.

Тел.: (044)236–09–26.

E-mail: tkachenkoss@ukr.net

КОВАЛЬ Антон Валерійович – аспірант кафедри автоматизації та комп'ютерних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гіроскопи;
- вимірювання кутів;
- алгоритмічні методи обробки інформації.

Подано 18.01.2010

Безвесільна О.М., Ткаченко С.С., Коваль А.В. Засоби зменшення дискретності квантування сигналу кільцевого лазера

Безвесильная Е.Н., Ткаченко С.С., Коваль А.В. Средства уменьшения дискретности квантования сигнала кольцевого лазера

Bezvesilna O., Tkachenko S., Koval A. Means of reduction of step-type behaviour of quantization of a signal of the ring laser

УДК 531.383

Средства уменьшения дискретности квантования сигнала кольцевого лазера / Е.Н. Безвесильная, С.С. Ткаченко, А.В. Коваль

В статье рассмотрены средства уменьшения дискретности квантования сигнала кольцевого лазера (КЛ) при измерении углов при помощи автоматизированного измерителя углов. Рассмотрен метод уменьшения цены периода сигнала КЛ при помощи потенциметрического фазовращателя. Умножение частоты осуществлялось с использованием системы фазовой автоподстройки частоты.

УДК 531.383

Means of reduction of step-type behaviour of quantization of a signal of the ring laser / O. Bezvesilna, S. Tkachenko, A. Koval

In articles means of reduction of step-type behaviour of quantization of a signal of the ring laser are examined at measurement of corners by means of an automated measuring instrument of corners. The method of reduction of the price of the period of signal RL by means of potentiometric phase changer the phase shifter is examined. Multiplication of frequency was carried out with use of system of phase autofrequency trim.