

УДК 621.891

Ю.О.Коноваленко, В.А.Ковальов

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»

### Аналіз методів вимірювання та точності лінійних датчиків фірми HEIDENHAIN

Точність металорізальних верстатів з ЧПК в значній мірі визначається методами вимірювання лінійних та кутових переміщень виконавчих органів.

На сьогоднішній день в промисловості широко використовуються датчики переміщень фірми HEIDENHAIN завдяки їх високій точності, надійності та довговічності, що забезпечується конструкцією та методами вимірювання.

Точність вимірювання довжини визначають наступні параметри:

- точність штрихів шкали;
- якість зчитування сигналу;
- якість обробки сигналу;
- похибки взаємного розташування зчитувальної головки та шкали.

Точність штрихів шкали визначається методами їх виготовлення. Датчики фірми HEIDENHAIN використовують прецизійні шкали з поділками у вигляді штрихової сітки з періодом від 0,25мкм до 10мкм. Поділки наносяться спеціальним методом, що забезпечує кінцеву точність вимірювальних приладів.

Більшість приладів фірми HEIDENHAIN використовують фотоелектричний спосіб зчитування, який реалізується без контакту і виключає зношування робочих елементів. Цей спосіб дозволяє розпізнавати штрихи шириною в декілька мікрометрів та генерувати сигнали з дуже малим періодом. Використовуються два методи зчитування: метод відображення для періодів штрихів шкали від 20мкм до 40мкм та інтерферентний метод для дуже малих періодів штрихів.

**Метод відображення** в спрощеному вигляді – це генерація сигналу на основі значень світло-тінь..

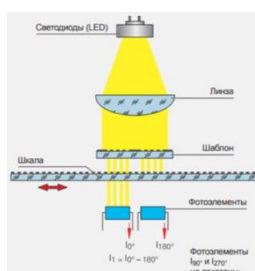


Рис.1. Схематичне зображення зчитування методом відображення

Дві шкали із штрихами одного або схожого періоду (шкала і шаблон) рухаються одна відносно іншої. Носій штрихів шаблону виготовляється із прозорого матеріалу, а носій самої шкали також може бути прозорим або мати металічну рефлектувальну поверхню

Після проходження паралельних променів світла від світлодіодів через фокусуючу лінзу і шаблон створюється відповідна світло-тіньова послідовність. Потім промені, що пройшли через шаблон, попадають на шкалу. При переміщенні шаблону вздовж шкали штрихи на шаблоні можуть співпадати зі штрихами на шкалі, створюючи на виході в місцях просвітів «світло». Якщо ж штрихи накладаються на просвіти, то на виході створюється тінь. Ряд фотоелементів перетворює цей світловий сигнал в електричний. Штрихи на шаблоні структуровані спеціальним методом завдяки чому вони фільтрують світловий потік таким чином, щоб він наближався до синусоїдальної форми.

Чим менша відстань між штрихами тим меншою і точнішою повинна бути відстань між шкалою та зчитувальним елементом.

На методі відображення працюють датчики лінійних переміщень LC, LS та LB.

**Інтерферентний метод** зчитування заснований на дифракції та інтерференції світла при проходженні його крізь прецизійні штрихи. Із отриманого сигналу розраховують величину переміщення.

Шкалою слугує дифракційна ступінчаста решітка, яка виготовляється нанесенням рефлектуючих штрихів висотою 0,2мкм на рефлектуючу поверхню.

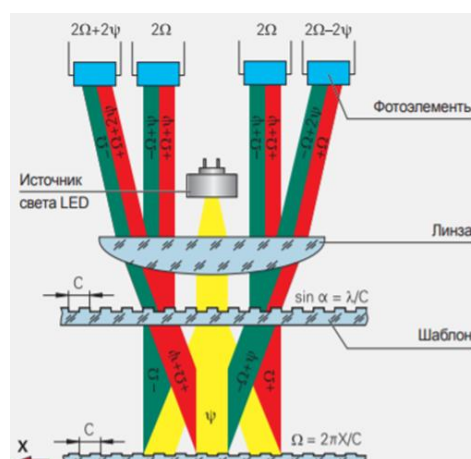


Рис. 2. Оптична схема інтерферентного методу зчитування ( $C$  – період шкали;  $\Psi$  - зміщення фази світлової хвилі при проходженні через шаблон;  $\Omega$  – зміщення фази світлової хвилі при переміщенні шкали вздовж вісі)

При попаданні світлової хвилі на шаблон вона розділяється на три хвилі: 1; 0 та -1 порядків з відносно однаковою інтенсивністю. Від шкали з фазовою решіткою вони відбиваються таким чином, що найбільша інтенсивність у хвиль 1 та -1 порядків. Ці хвилі знову зустрічаються на шаблоні та, накладаючись одна на іншу, огинають його штрихи. При цьому створюються дві групи хвиль, які покидають шаблон під різними кутами. Фотоелементи перетворюють інтенсивність хвиль в електричний сигнал.

При переміщенні шаблону відносно шкали на один період фронт хвилі першого порядку зміщується на одну довжину хвилі в плюс, а фронт хвилі -1 порядку на одну довжину хвилі в мінус. Оскільки ці дві хвилі інтерферують після шаблону, то їх зміщення досягає двох довжин хвиль. Таким чином отримують два періоди сигналу при одному відносному зміщенні на один період.

Прилади з інтерферентним методом зчитування працюють найчастіше зі шкалами, період яких складає 8мкм та 4мкм.

Датчики лінійного переміщення, що використовують інтерферентний метод, позначаються LF.



Рис.3 Датчики лінійних переміщень закритого типу фірми HEIDENHAIN

При визначенні точності вимірювання розрізняють похибку шкали, що віднесена до всієї довжини шкали та похибку, що віднесена до одного періоду сигналу.

Похибка вимірювання, що віднесена до всієї довжини шкали використовується при визначенні точності лінійних датчиків закритого типу, яка задається в класах. Вони мають наступне визначення: Граничні значення  $\pm F$  кривої похибки вимірювань для будь-якого шляху вимірювання (максимум 1м) знаходиться в межах класу точності  $\pm a$ .



Рис. 4. Похибка вимірювання  $a$ , що віднесена до всієї довжини шкали

В закритих лінійних датчиках ці величини задаються для всієї вимірювальної системи, що включає і зчитувальну головку. Вони називаються точністю системи і визначаються при заключному контролі датчика та заносяться в протокол вимірювань.

Похибка вимірювання, що віднесена до одного періоду сигналу, визначається як величиною періоду шкали так і якістю штрихів та засобів зчитування. В будь-якій точці вимірювання вона не перевищує  $\pm 2\%$ , а для датчиків лінійних переміщень LC та LS не перевищує  $\pm 1\%$ .

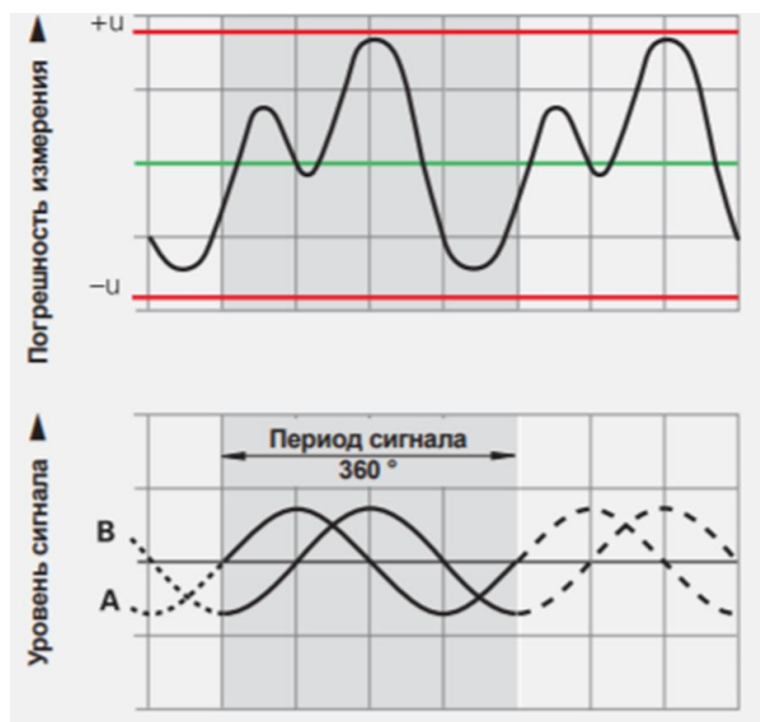


Рис. 5. Похибка вимірювання  $u$ , що віднесена до одного періоду сигналу

Похибка вимірювання зменшується зі зменшенням періоду сигналу шкали. Так для датчиків LF з періодом сигналу 4мкм вона складає  $\pm 0,08$ мкм, для датчиків LC та LS з періодом сигналу 20мкм –  $\pm 0,2$ мкм, а для датчиків LB з періодом сигналу 40мкм -  $\pm 0,8$ мкм.

Перевірка лінійних датчиків переміщення виконується при нормальній температурі  $\pm 20^\circ$ . Обов'язково вказується діапазон температур, при яких датчик зберігає точність вимірювання.

Офіційний сайт Heidenhain [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.heidenhain.ru/fileadmin/pdb/media/img/350457-R3\\_Lieferuebersicht\\_ru.pdf](https://www.heidenhain.ru/fileadmin/pdb/media/img/350457-R3_Lieferuebersicht_ru.pdf)