

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1 Основні поняття та визначення

**Інформація** — це нові знання, які отримує споживач у результаті сприйняття та переробки певних відомостей. У промислових процесах під інформацією розуміють відомості призначені для пересилання, зберігання, оброблення та використання.

**Оброблення інформації** — сукупність операцій (збирання, введення, записування, перетворення, зчитування, зберігання, знищення, реєстрація), що здійснюється за допомогою технічних та програмних засобів, включаючи обмін по каналам даних.

**Дані** — інформація, подана у формалізованому вигляді, що дозволяє використовувати технічні засоби для її збирання, пересилання, зберігання, оброблення та розкривання змісту.

Для зручності введемо поняття «сигнал»:

**Сигнал** — зміна фізичної величини, що використовується для пересилання даних, тобто завдяки зміні сигнал здатен нести в собі інформацію.

Також можна стверджувати, що:

**Сигнал** — фізичний процес, властивості якого визначаються взаємодією між матеріальним об'єктом та засобом його дослідження.

Прикладом сигналу може бути: звук, світло, температура, запах і т.д.

## 1.2 Класифікація сигналів

За способом задавання, сигнали поділяються на детерміновані та випадкові.

**Детермінований сигнал** — сигнал, значення якого можна передбачити в будь-який момент часу.

**Випадковий сигнал** — це сигнал, який приймає випадкові значення.

За функцією, що описує параметри сигналу розрізняють неперервні (аналогові), дискретні, квантовані за рівнем та цифрові сигнали.

**Аналоговий сигнал (англ. analog signal)** — сигнал, який неперервний на всьому проміжку часу, рис. 1.1а.

**Дискретний сигнал (англ. discrete signal)** — сигнал, який визначений тільки в певні моменти часу (ці моменти називаються відліками, англ. *samples*), які слідуєть з інтервалом  $\Delta t$ , який називається інтервалом дискретизації (англ. *sample time*), величина обернена до інтервалу дискретизації називається частотою дискретизації (англ. *sampling frequency*). Значення сигналу між відліками невизначене, рис. 1.1б.

**Квантований за рівнем сигнал (англ. *quantized signal*)** — сигнал, вся область значень якого розбивається на рівні, відстань між якими називається кроком квантування  $\Delta$ . Кількість рівнів традиційно позначається  $N$ , кожному рівню присвоюється певне значення. Сигнал в кожен момент часу порівнюється з рівнями квантування і в якості сигналу обираються значення одного з цих рівнів. Наприклад, сигнал округлюється в бік меншого значення рівня, рис. 1.1в.

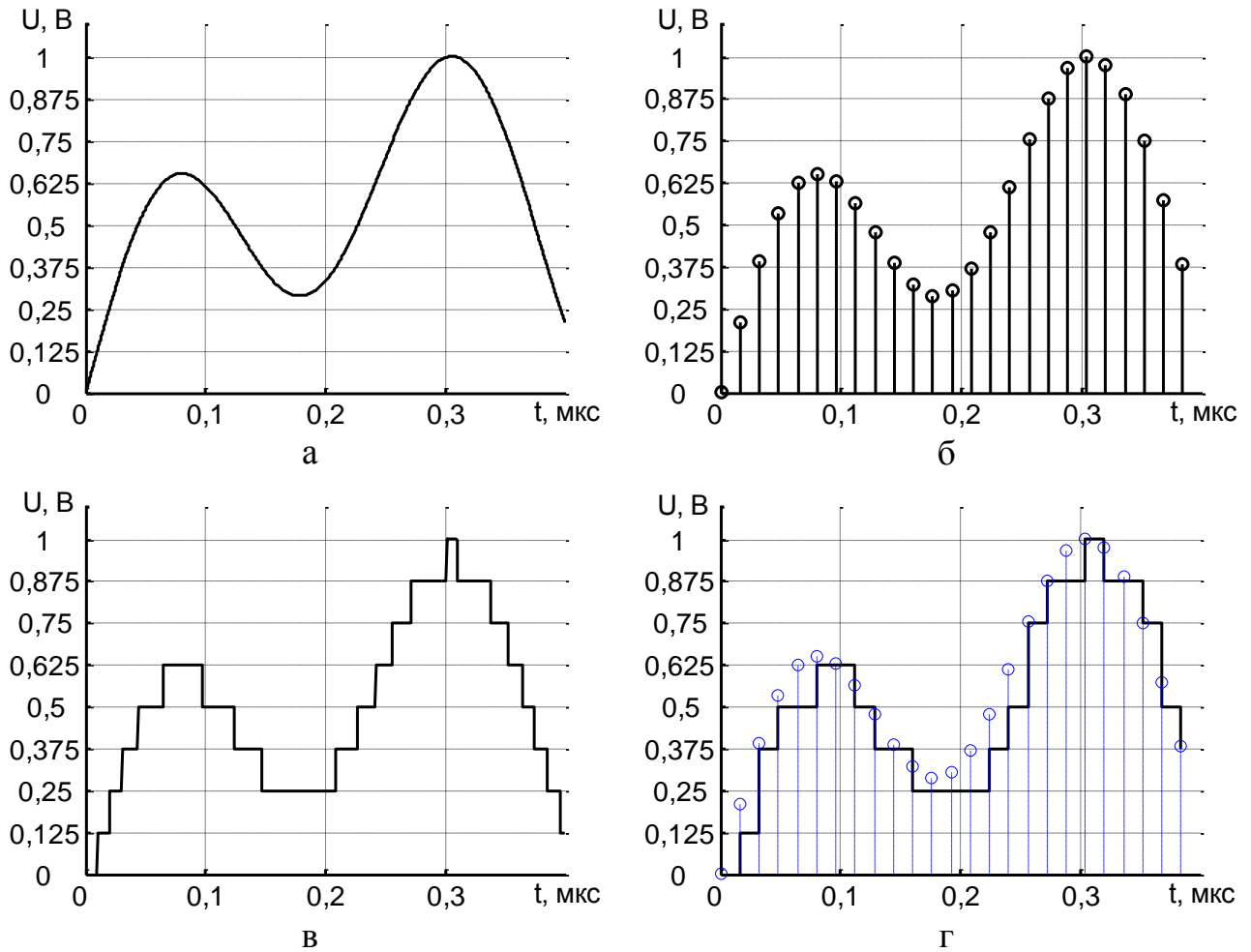


Рисунок 1.1 — Графічне представлення аналогового (а), дискретного (б), квантованого за рівнем (в) та одночасно дискретизованого та квантованого за рівнем сигналу (г).

**Цифровий сигнал (англ. *digital signal*)** — дискретний сигнал з квантуванням по рівню (рис. 1.1г.), кожному значенню рівня присвоюється двійковий код, розрядністю  $M$ . Кількість рівнів квантування визначається за формулою  $N = 2^M$ . Графічно цифровий сигнал представляють у вигляді, зображеному на рис. 1.2. Цифровий сигнал можна записати у вигляді двійкових значень кожного відліку  $k$ : (001), (011), (100), (100), (101), ... (011). Часто для зручності значення відліків наводять в десятковому представленні, тобто: 1, 3, 4, 4, 5, ... 3.

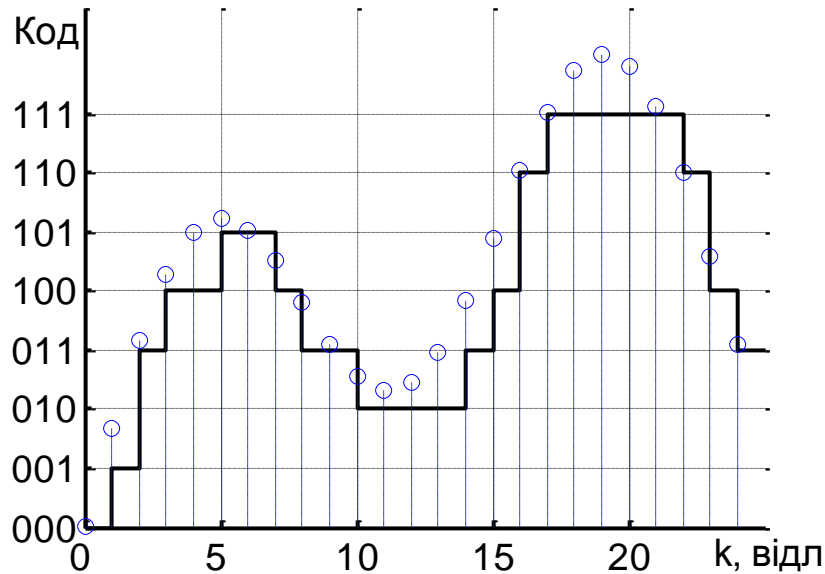


Рисунок 1.2 — Графічне представлення цифрового сигналу.

Сучасні обчислювальні системи (мікроконтролери, ПЛІС, ПК тощо) є цифровими, тому будь-яке оброблення сигналів з їх використанням є обробленням саме цифрового сигналу. Проте в більшості випадків розрядність таких систем доволі висока, і спотворення, викликані квантуванням сигналу за рівнем є незначними, тому для зручності часто розглядається дискретне оброблення сигналів, а при необхідності враховуються спотворення, внесені процесом квантування.

### 1.3 Аналогове та цифрове оброблення сигналів

Основною метою оброблення сигналів є отримання інформації, яку вони містять. Розрізняють два основні види оброблення сигналів: аналогове оброблення та цифрове оброблення, проте інформація навколишнього світу має неперервний характер, тому перед початком будь-якого цифрового оброблення необхідно з якоюсь достовірністю перетворити неперервну інформацію на дискретну. Саме тому зараз часто використовують комбіноване оброблення сигналів.

**Аналогове оброблення сигналів** (англ. *ASP* — *analog signal processing*) — будь які дії над аналоговими сигналами за допомогою аналогових засобів.

**Цифрове оброблення сигналів** (англ. *DSP* — *digital signal processing*) — перетворення сигналів, представлених в цифровому форматі.

**Комбіноване оброблення сигналів** (англ. *MSP* — *mixed signal processing*) — комбінація двох попередніх методів. Зазвичай в таких системах зразу проводиться аналогове оброблення сигналів, а потім цифрове.

На рис. 1.3 представлено типову схему етапів оброблення інформації.



Рисунок 1.3 — Схема оброблення інформації

На даній схемі:  $S$  — давач (англ. *sensor*), який перетворює певну фізичну величину, інформацію про яку необхідно обробити, у вихідний сигнал (в межах нашого курсу вихідним сигналом є значення напруги/струму);  $ASP$  — блок аналогового оброблення сигналів (фільтрація, нормування, модуляція тощо);  $ADC$  (англ. *Analog-to-digital converter*) — аналогово-цифровий перетворювач;  $DSP$  — блок цифрового оброблення;  $DAC$  (англ. *digital-to-analog converter*) — цифро-аналоговий перетворювач;  $A$  (англ. *actuator*) — виконуючий пристрій, який перетворює вхідний сигнал в зміну певної фізичної величини.

Розглянемо основні особливості процесу аналогового та цифрового оброблення сигналів. Основною перевагою аналогового оброблення є висока швидкодія, проте процес цифрового оброблення більш стійкий до дії зовнішнього середовища, так як зміна параметрів елементів (транзисторів, резисторів, конденсаторів тощо) не впливає на значення сигналів, адже операції виконуються над високим та низьким логічним рівнем, а не над точним значенням напруги. Також при проектуванні цифрових систем потрібно враховувати, що ширина спектру оброблюваного сигналу залежить від частоти дискретизації АЦП/ЦАП, а динамічний діапазон значень обмежений їх розрядністю. Процес цифрового оброблення сигналу повинен закінчитися протягом періоду дискретизації, тобто чим складніші перетворення необхідно зробити над цифровим сигналом, там вища продуктивність процесору повинна бути або нижча частота дискретизації.

### 1.4 Вибір частоти дискретизації

Дискретизація неперервного сигналу призводить до втрати інформації, так як відсутні дані про поведінку сигналу в проміжках між відліками. Враховуючи, що спектр дискретизованого сигналу є сумою зсунутих копій спектра початкового сигналу з кроком зсуву рівним частоті дискретизації, то для уникнення спотворення сигналу при дискретизації необхідно, щоб частота дискретизації мінімум в два рази перевищувала частоту найвищої частотної складової неперервного сигналу. Тоді для відновлення початкового сигналу з дискретизованого достатньо пропустити останній через ідеальний фільтр низьких частот з частотою зрізу рівною половині частоти дискретизації. Дана умова сформульована в теоремі Котельнікова (за кордоном більш відома, як теорема Найквіста).

Вона доводить, що будь-який сигнал  $s(t)$ , спектр якого не містить складових з частотами вище  $F_{\max}$  може бути без втрат інформації представлений дискретними відліками  $s(kT)$ , взятими з частотою  $F_s$ , яка задовольняє наступну нерівність:

$$F_s \geq 2 \cdot F_{\max} \quad (1.1)$$

Відновлення сигналу за його дискретними відліками проводиться за формулою:

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} s(kT) \frac{\sin\left(\pi \frac{t-kT}{T}\right)}{\pi \frac{t-kT}{T}} \quad (1.2)$$

де  $k$  — відліки;

$T$  — інтервал дискретизації.

Частота Найквіста визначається як половина частоти дискретизації, тобто при строгій рівності (1.1) частота Найквіста рівна  $F_{\max}$ .

Графічно процес відтворення неперервного сигналу з дискретних відліків зображено на рис. 1.4. Пунктирними лініями наведено графіки окремих складових формули (1.2), суцільною лінією відновлений сигнал, колами позначено дискретні відліки [1].

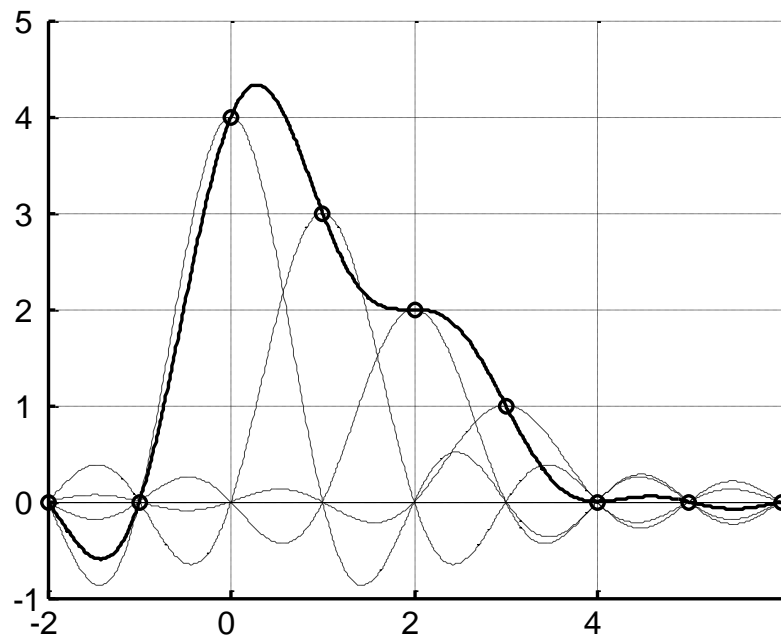


Рисунок 1.4 — Графічне представлення процесу відновлення дискретного сигналу.

На рис. 1.5 проілюстровано процес дискретизації та відновлення гармонійного сигналу при різних відношеннях між його частотою та частотою Найквіста. Якщо частота сигналу менша частоти Найквіста (рис. 1.5а), то відновлення сигналу з його дискретних відліків відбувається без спотворення.

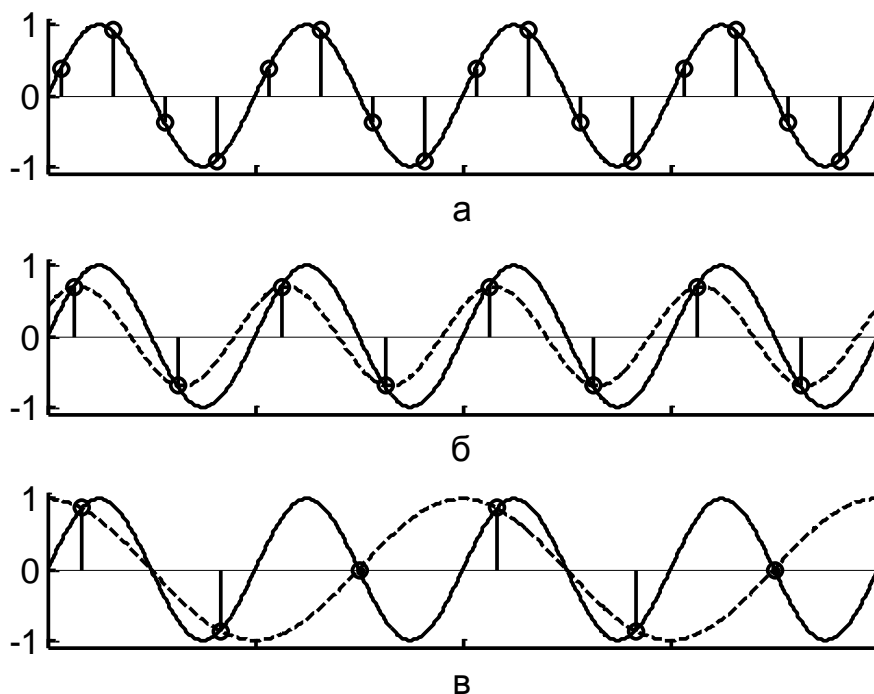


Рисунок 1.5 — Дискретизація гармонійного сигналу з різною частотою: суцільна лінія — гармонійний сигнал; пунктирна — відновлений сигнал; кола — значення дискретних відліків.

У випадку рівності частоти Найквіста та частоти гармонійного сигналу (рис. 1.5б) відновлений сигнал має ту ж частоту, але амплітуда та фаза сигналу може бути спотворена, в залежності від фазового положення дискретних відліків. Так можливі два граничні випадки: дискретні відліки потрапляють в точки максимального та мінімального значення амплітуди коливання і, відповідно, спотворення відсутні, або ж дискретні відліки потрапляють в нулі коливання і відновлення сигналу не можливе.

На рис. 1.5в зображено випадок, коли частота Найквіста нижче частоти сигналу, відповідно відновлене коливання має нижчу частоту. Даний ефект отримав назву аліасинг (англ. *aliasing*).