

ДОДАТОК А.

Тексти програм для досліджень шуму квантування у середовищі MathCAD

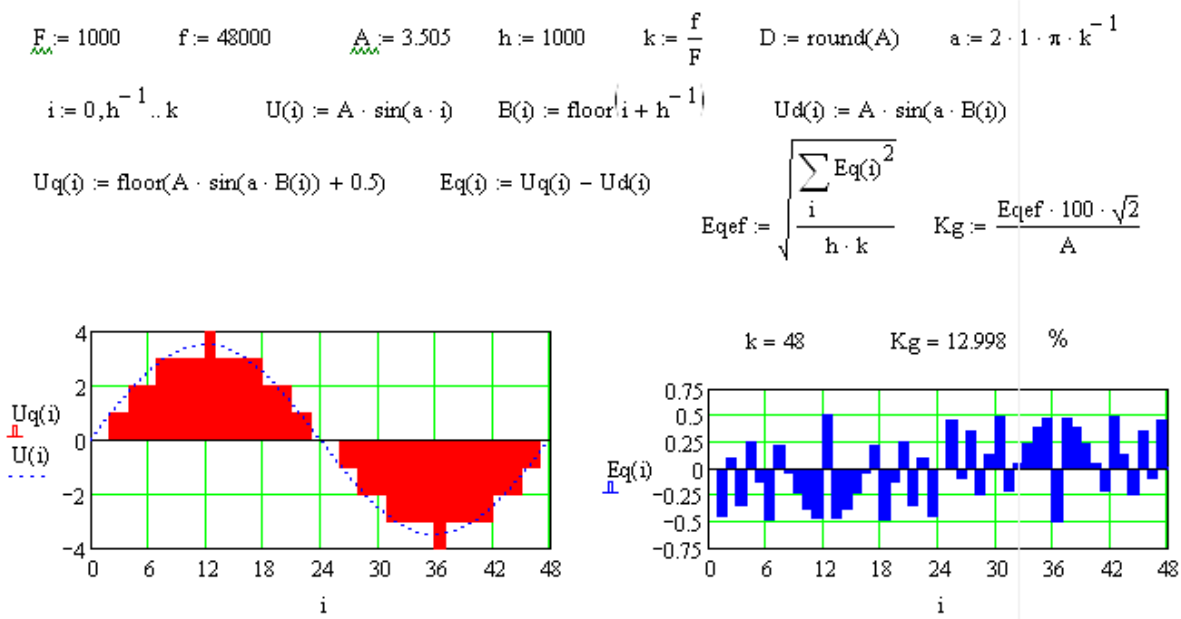


Рисунок А.1 – Текст програми для дослідження спотворень під час квантування звукових сигналів

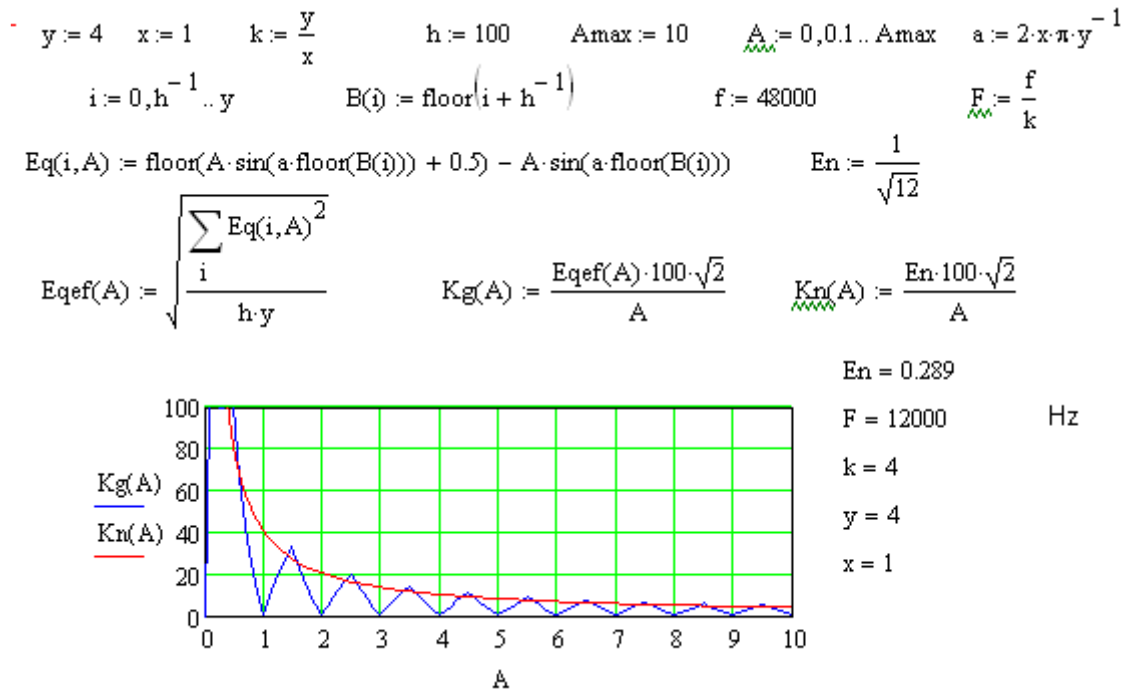


Рисунок А.2 – Текст програми на дослідження амплітудної залежності коефіцієнта спотворень при квантуванні

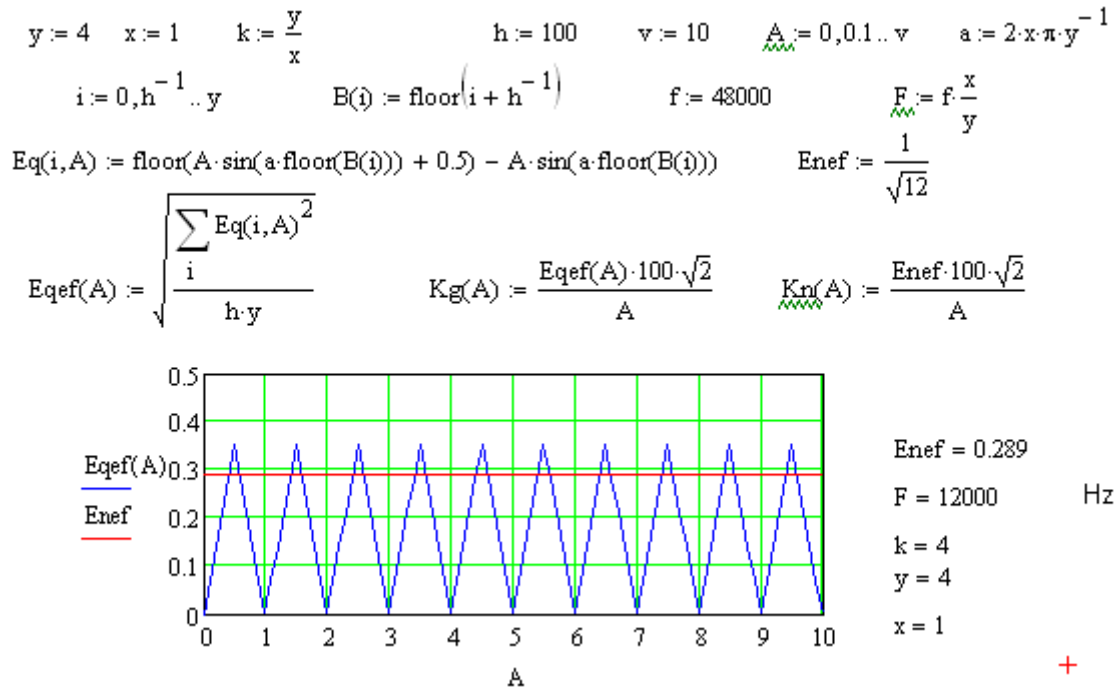


Рисунок А.3 – Текст програми на дослідження залежності ефективного значення помилок квантування від амплітуди ЗС

ДОДАТОК Б
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Проблемна ситуація



При m -розрядному звукозаписі відношення сигнал-шум квантування

$$P_c / P_{ш.кв.} = 6m - 20 \lg k + 4,8$$

де k – пік-фактор сигналу.

Якщо відняти запас на перевантаження АЦП, на маскування шуму і похибки перетворення, **реальний динамічний діапазон 54 дБ**.

У той же час записи симфонічного оркестру мають діапазон до 60 дБ, тобто, на фоні шумів найтихіша частина музики може виявитися нечутною.

Рисунок Б.1 – Проблемна ситуація

Постановка задачі

У кваліфікаційній роботі досліджується ефективність методів, що зменшують спотворення при квантуванні та розширюють динамічний діапазон.

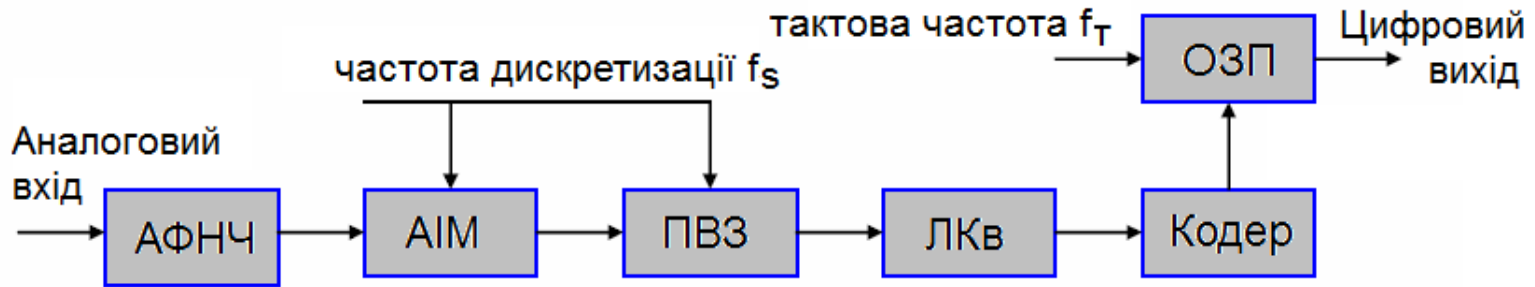
Об'єкт дослідження – процес спотворення цифрових звукових сигналів шумами квантування.

Мета дослідження – визначення числових характеристик методів, що підвищують відношення сигнал-шум квантування та розширюють динамічний діапазон.

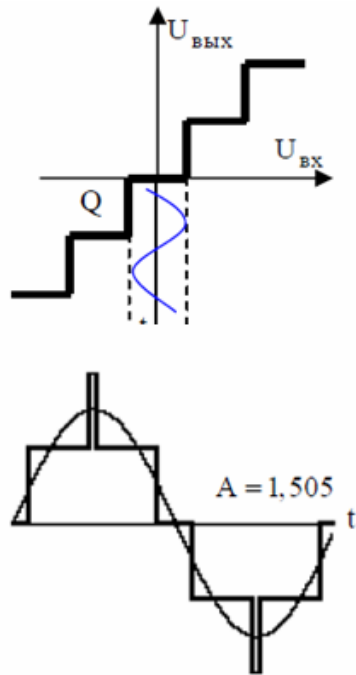
Методи дослідження – модельний експеримент, натурний експеримент, статистична обробка експериментальних даних.

Рисунок Б.2 – Постановка задачі

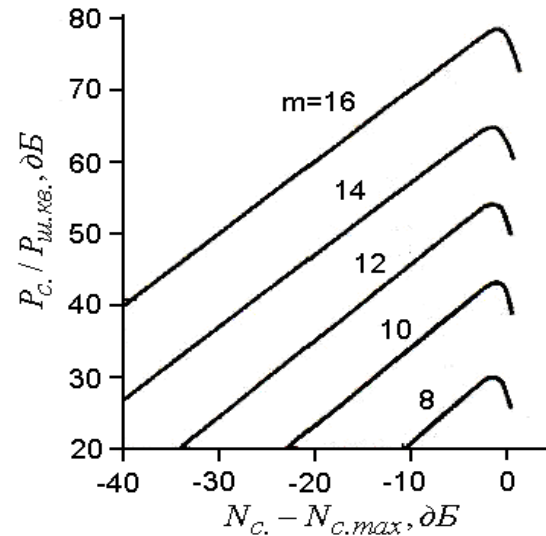
Оцифровка звукових сигналів



ПВЗ – пристрій вибірки та зберігання;
 ОЗП – оперативна пам'ять; ЛКв – лінійний квантувач



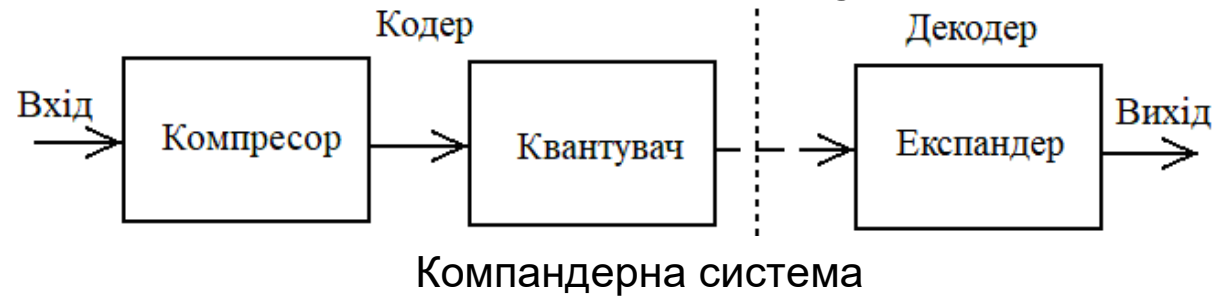
Помилки квантування



Сигнал-шум в залежності від рівня сигналу при m бітах

Рисунок Б.3 – Оцифровка звукових сигналів

Нерівномірне квантування



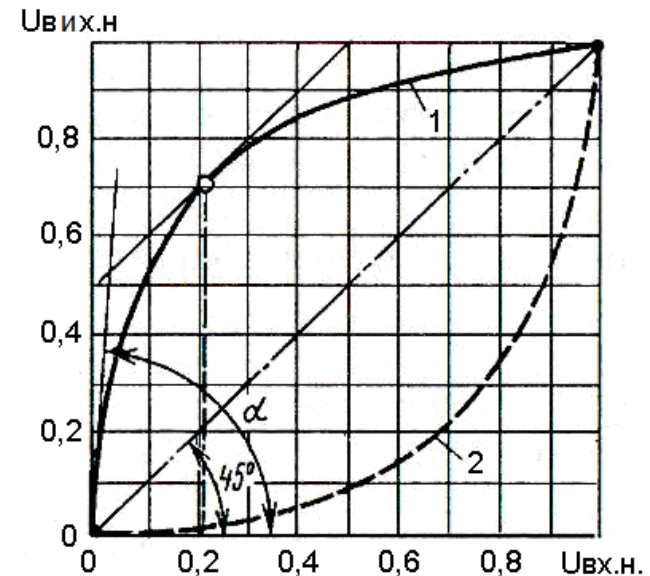
Характеристика компресора:

$$u_{\text{вих}} = u_{\text{вих.мах}} \frac{\ln(1 + \mu \cdot |u_{\text{вх.}}| / u_{\text{вих.мах}})}{\ln(1 + \mu)}$$

де μ – значення коефіцієнту компресії.

Диференціюючи амплітудну характеристику, отримуємо:

$$\frac{du_{\text{вих.}}}{du_{\text{вх.}}} = \frac{\mu}{(1 + \mu) \cdot (1 + \mu \cdot |u_{\text{вх.}}| / u_{\text{вих.мах}})}$$



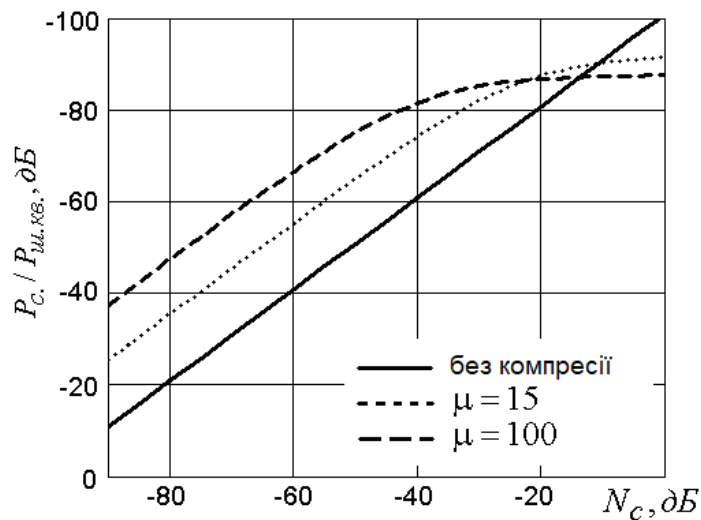
Амплітудна характеристика компресора показує, що квантування з рівномірним кроком відповідає наскрізному квантуванню зі змінним кроком.

Рисунок Б.4 – Нерівномірне квантування

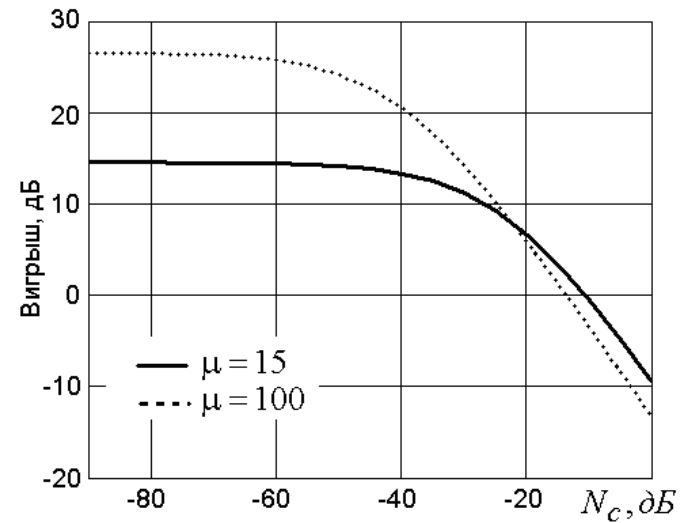
Оцінка виграшу компандерної системи

Сигнал-шум в залежності від рівня сигналу N_c

$$(P_c / P_{ш.кв.})_к = 6m + 6 \log_2 \left(\frac{\mu}{(1 + \mu) \cdot (1 + \mu \cdot 10^{N_c / 20})} \right) + N_c + 4,8.$$



Відношення сигнал-шум

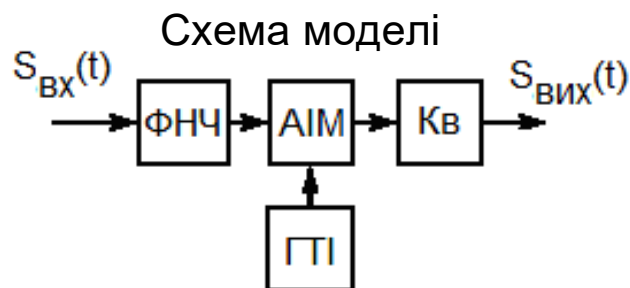


Виграш компандерної системи

Найбільший виграш компандерної системи спостерігається для низьких рівнів сигналу. Програш на великих рівнях не має значення, там шуми не помітні.

Рисунок Б.5 – Оцінка виграшу компандерної системи

Спектр шуму квантування

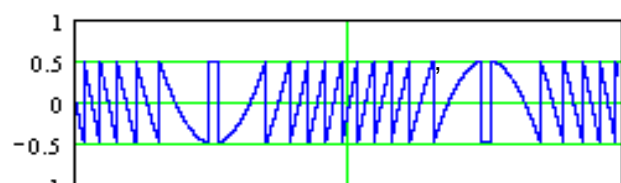


Квантований сигнал $U_r(i) = \text{floor}[A \cdot \sin(\Delta\phi \cdot i) + z]$

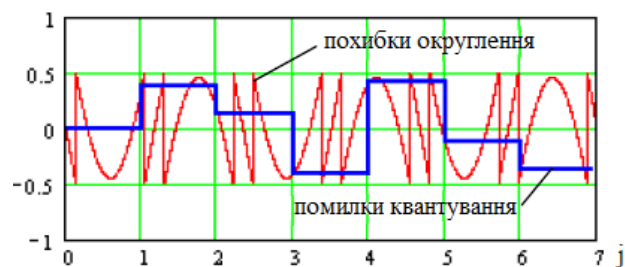
Помилка округлення $e_r(i) = U_r(i) - U(i)$

Спектр помилки $S_{fr}(v) = 2 \cdot \text{fft}(e_r(i)) \cdot m^{-0.5}$

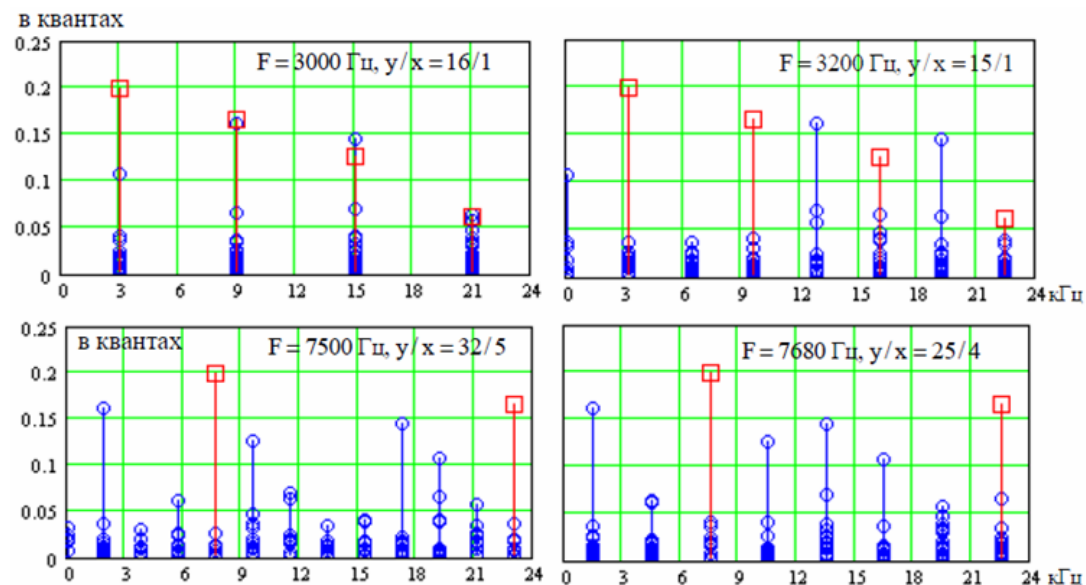
Моделювання в MathCad



Помилка округлення



Дискретизація помилки



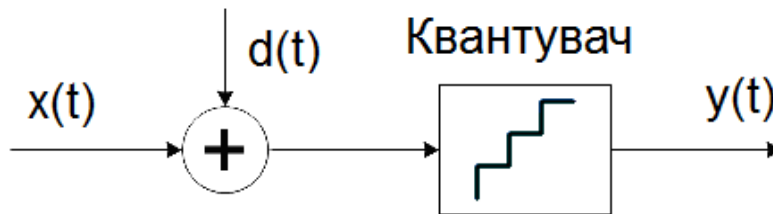
Спектри помилок квантування

Рисунок Б.6 – Спектр шуму квантування

Метод дитерингу

Полягає у додаванні шуму з амплітудою 0,5 кванта та більше.

Це породжує на виході стаціонарний потік імпульсів з випадковою частотою та тривалістю з амплітудою 1 квант.



Розрахункові характеристики шуму

Вид функції PDF	Пікові значення	Потужність шуму	Зменшення SNR, дБ
Прямокутний – R	$\pm 0,5Q$	$Q^2 / 12$	-3
Прямокутний – R1	$\pm Q$	$Q^2 / 3$	-6
Трикутний – T	$\pm Q$	$Q^2 / 6$	-4,77
Гауса – G	$\pm 0,5Q$	$Q^2 / 4$	-6

Дитеринг вирішує такі основні завдання.

1. Лінеаризація передавальної функції квантувача.
2. Декореляція помилок квантування.
3. Перетворення гармонічних спотворень на білий шум.
4. Зменшення помітності шуму.
5. Розширення повного динамічного діапазону.

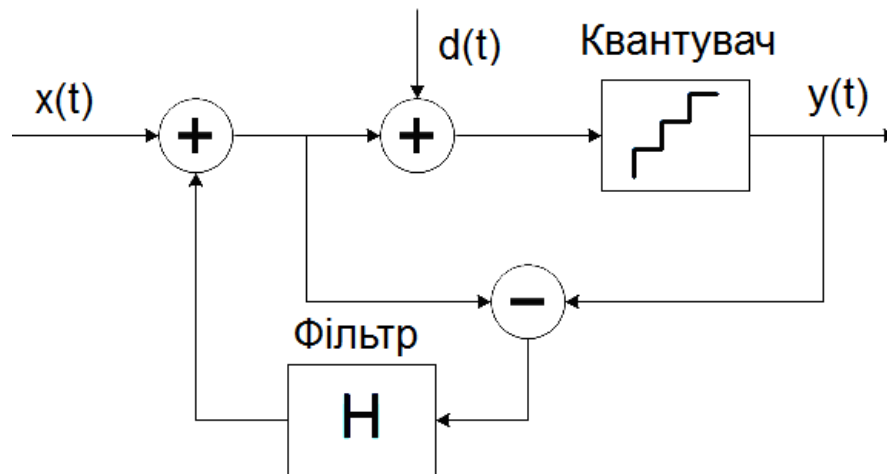
Рисунок Б.7 – Метод дитерингу

Метод нойз-шейпінгу

Застосовується перетворення спектра дитеринг-шуму фільтром із завалом НЧ та підйомом в області ВЧ.

Завдання нойз-шейпінгу знизити слухову помітність шуму квантування за рахунок його витіснення в область ВЧ,

оскільки високочастотний шум слухом не сприймається.



Передавальна функція кола зворотного зв'язку

$$H(z) = z^{-1}$$

Вихідний сигнал

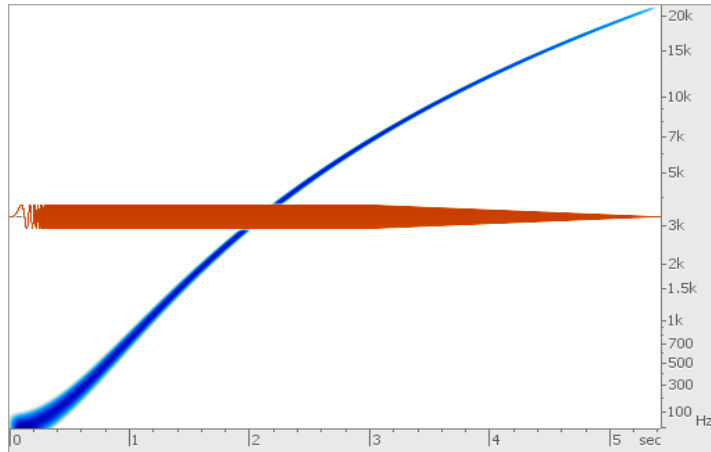
$$Y(z) = X(z) + (1 - z^{-1}) \cdot e(z)$$

На практиці для нойз-шейпінгу застосовуються фільтри до 12 порядку.

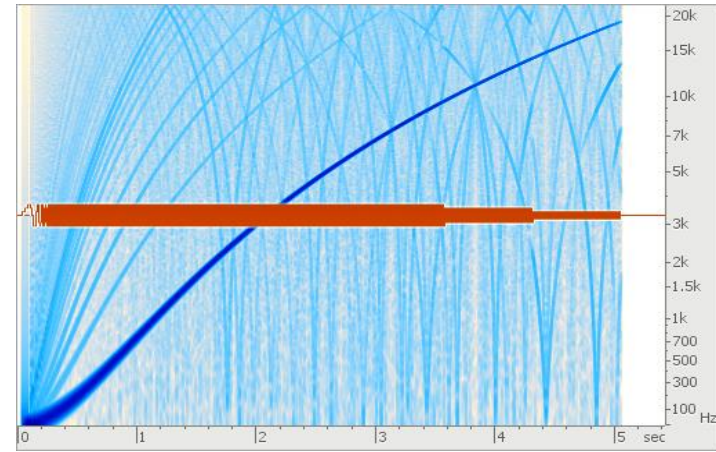
Рисунок Б.8 – Метод нойз-шейпінгу

Дослідження дитерингу та нойз-шейпінгу

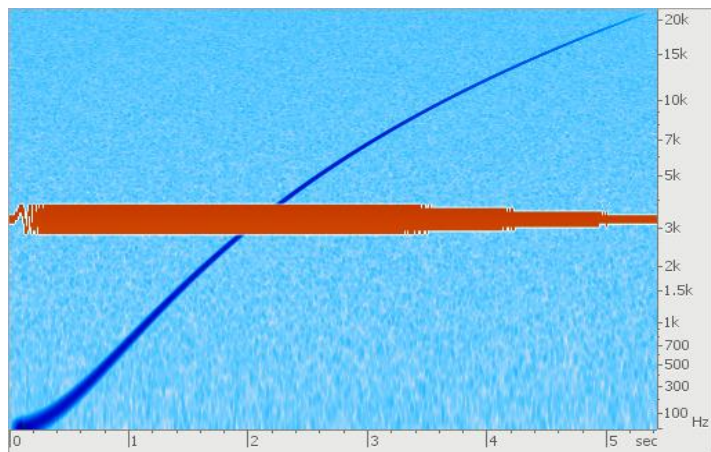
Сигналограми (жовтим) і спектрограми (синім)



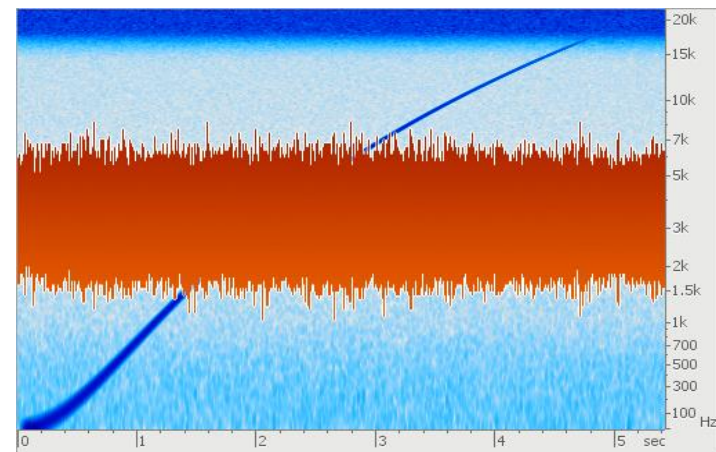
Тестовий сигнал



Квантований сигнал



Дитеринг

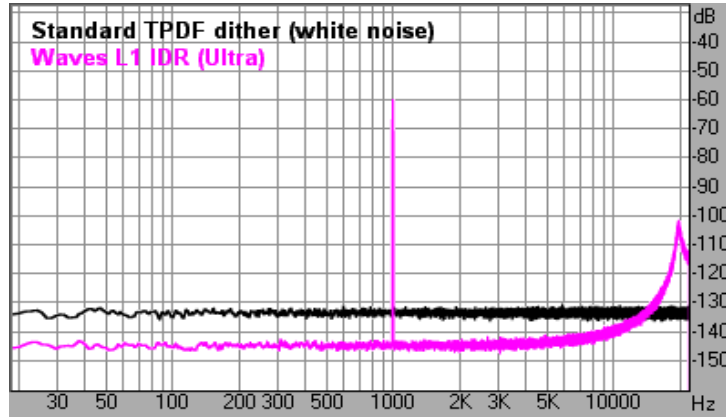


Нойз-шейпінг

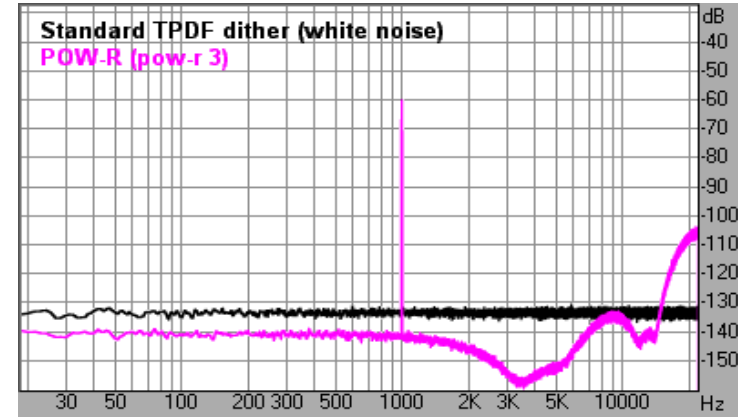
Рисунок Б.9 – Дослідження дитерингу та нойз-шейпінгу (аркуш 1)

Дослідження дитерингу та нойз-шейпінгу

Спектри при дитерингу (чорним) та нойз-шейпінгу (рожевим)

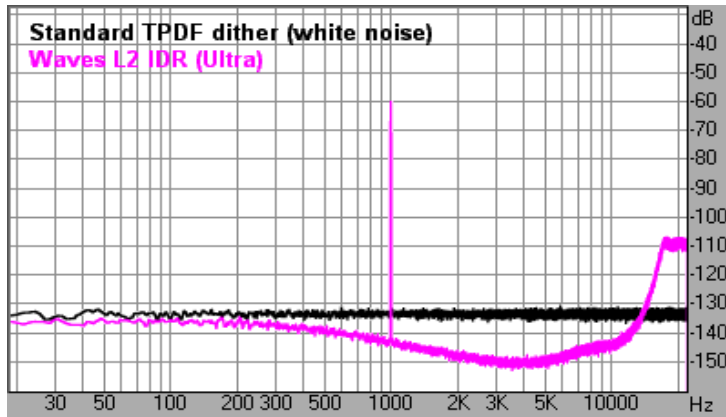


Waves L1 IDR



POW-R

Зведена таблиця результатів



Waves L2 IDR

Алгоритм	Пікова амплітуда шуму квантування, дБ	RMS шуму квантування, дБ	Гучність шуму квантування (відносно TPDF dither), дБ
Без нойз-шейпінгу (TPDF dithering)	-90	-96	0
Apogee UV22	-78	-84	-5
Sony Super Bit Mapping	-81	-92	-6
Waves L1 IDR (режим "Ultra")	-67	-79	-8
Waves L2 IDR (режим "Ultra")	-65	-78	-7
POW-R (режим pow-r3)	-66	-78	-7
MEGABITMAX ("Ultra + LPDN")	-61	-72	-14

Рисунок Б.10 – Дослідження дитерингу та нойз-шейпінгу (аркуш 2)

Висновки

1. Розглянуто основні причини появи шумів квантування та їх вплив на характеристики цифрових систем звукозапису.
2. Отримано чисельну оцінку розширення динамічного діапазону за допомогою компандерних систем.
3. Проведено математичний аналіз спектрального складу помилок квантування.
4. Досліджено спектри шумів квантування при різних відношеннях частот дискретизації і сигналу.
5. Досліджено методи зміни статистик шумів квантування – дитеринг і нойзшейпінг.
6. Отримані порівняльні результати для декількох професійних систем обробки звуку.

Рисунок Б.11 – Висновки

