

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ РЕВЕРБЕРАЦІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГІТАРИ

*Вергелес Т. А.; Мирончук О. Ю.; Шпилька О. О., к.т.н.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

Поява електроніки та цифрового оброблення сигналів значним чином вплинула на розвиток музичної індустрії, зокрема на популярність такого музичного інструменту, як електрогітара. Музиканти прагнуть добитися унікального звучання свого інструменту, що досягається завдяки використанню пристроїв, які виконують обробку звуку і надають йому певних ефектів. Одним з найпопулярніших ефектів на сьогоднішній день є реверберація.

Реверберація – це процес поступового зменшення інтенсивності звуку, який виникає внаслідок багаторазового відбиття від поверхонь та поглинання звукових хвиль. Звук від джерела випромінювання до слухача доходить багатьма шляхами. За рахунок того, що рівень і час приходу звуку різні, слухач спостерігає ефект відлуння (Рис. 1).

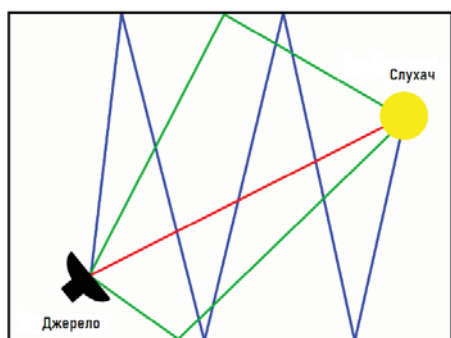


Рисунок 1. Ефект реверберації

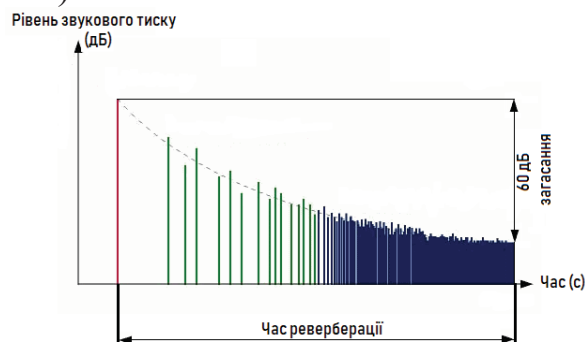


Рисунок 2. Імпульсна характеристика реверберації

Однією з найважливіших характеристик реверберації є час загасання  $T_{60}$ . Протягом цього часу інтенсивність звуку зменшується на 60 дБ. Імпульсна характеристика реверберації представлена на Рис. 2.

Методи штучного створення ефекту реверберації розглянуто в [1]. Найпростішим способом реалізації реверберації є застосування структури Шредера. Вона являє собою всепропускаючий фільтр на основі рекурсивної лінії затримки довжиною  $m$  відліків (Рис. 3) та описується виразом:

$$y(n) = -g \cdot x(n) + x(n - m) + g \cdot y(n - m). \quad (1)$$

Більш складним способом реалізації реверберації є застосування структури на основі ліній затримок, з'єднаних колом зворотного зв'язку у вигляді матриці, яка називається мережею зворотних ліній затримок (Рис 4).

Мережу зворотних ліній затримок можна представити, як вектор узагальнення рекурсивного гребінчастого фільтру, що має наступну математичну модель:

$$y(n) = x(n - m) + g \cdot y(n - m). \quad (2)$$

Лінія затримки розміром  $m$  відліків замінюється багатьма лініями затримок з різною довжиною, а коефіцієнт підсилення  $g$  замінюється зворотною матрицею  $G$ . Відношення між входом та виходом з зворотною матрицею описується виразом:

$$y(n) = \sum_{j=1}^N c_j s_j(n) + dx(n). \quad (3)$$

Вихід  $i$ -тої лінії затримки  $s_i(n)$  має наступний вигляд:

$$s_i(n + m_i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} s_j(n) + b_i x(n), \quad (4)$$

де  $a_{ij}$  — елементи зворотної матриці  $G$ .

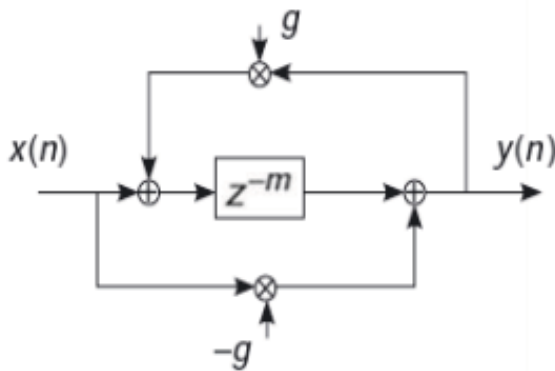


Рисунок 3. Структура Шредера

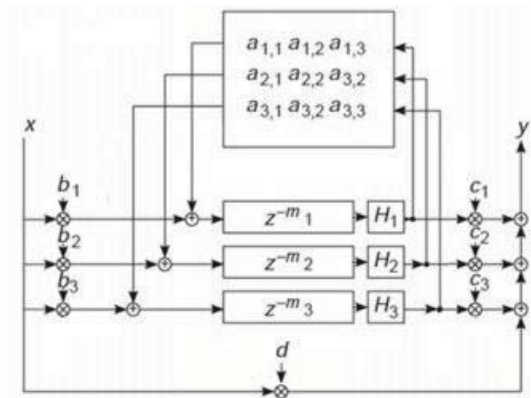


Рисунок 4. Мережа зворотних ліній затримок

Моделювання структури Шредера та мережі зворотних ліній затримок виконано в середовищі MatLab. В результаті моделювання отримано імпульсні характеристики даних методів, які представлені на Рис. 5 та Рис. 6.

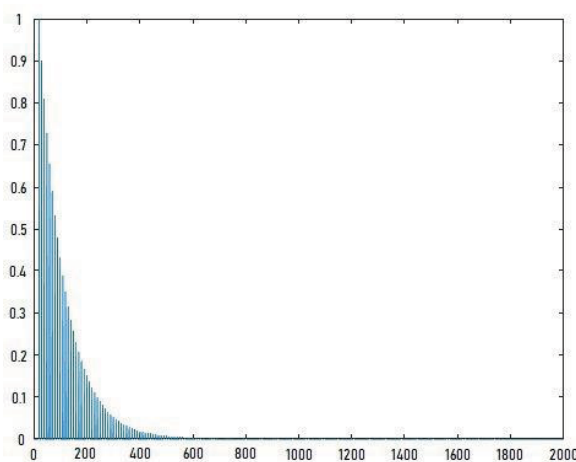


Рисунок 5. Імпульсна характеристика структури Шредера

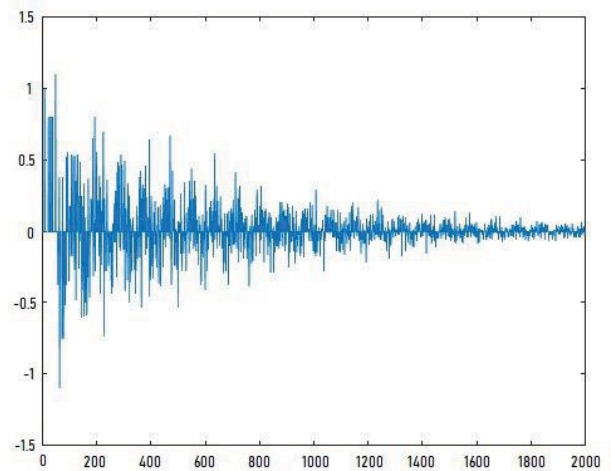


Рисунок 6. Імпульсна характеристика мережі зворотних ліній затримок

З результатів моделювання видно, структура Шредера, на відміну від мережі зворотних ліній затримок, є досить простою в реалізації, але має досить швидко загасаючу імпульсну характеристику, що обмежить можливості пристрою, який виконуватиме обробку звуку електрогітари для створення ефекту реверберації. Мережа зворотних ліній затримок дозволяє отримати більш широку імпульсну характеристику. Це, в свою чергу, дозволить отримати кращий ефект реверберації і, в свою чергу, забезпечити більше насичення звуку.

#### **Перелік посилань**

1. Udo Zolder. DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition. Willey, 2011.
2. Yan Zhang, A Method to Predict Reverberation Time in Concert Hall Preliminary Design Stage, Georgia, Institute of Technology December, 2005.
3. Реверберация — Режим доступу: <http://wikisound.org/Реверберация> — Назва з екрану

#### **Анотація**

Представлено реалізацію штучного отримання ефекту реверберації за допомогою методів Шредера та методу зворотних ліній затримки. В середовищі MatLab проведено моделювання та порівняння імпульсних характеристик даних методів реалізації.

Ключові слова: реверберация, модель Шредера, мережа зворотних ліній затримки.

#### **Аннотация**

Представлено реализацию искусственного получения эффекта реверберации при помощи методов Шредера и метода обратных линий задержки. В среде MatLab проведено моделирование и сравнение импульсных характеристик данных методов реализации.

Ключевые слова: реверберация, модель Шредера, сеть обратных линий задержки.

#### **Abstract**

The implementation of artificial reverberation effect using Schröder method and backward delay method is presented. In the MatLab environment, simulation and comparison of impulse characteristics of these implementation methods were performed.

Keywords: reverberation, Schroeder model, delay line network.