

Аналіз нелінійної системи overdrive

Гришук Д. В., ORCID 0000-0002-1548-7494

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем, ames.kpi.ua
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ROR [00syn5v21](https://orcid.org/00syn5v21)
Київ, Україна

Анотація—У статті визначена можливість використання програм MATLAB та Reaper для аналізу нелінійних систем типу overdrive, на прикладі педалі звукового ефекту Ibanez tube screamer. Зазначено спектр функцій програмного комплексу Voxengo та розроблено програму для спроби повторення ефекту overdrive.

Ключові слова — overdrive; частота основного тону; гітарний сигнал; додаткові форманти; спектр сигналу.

I. ВСТУП

На сьогоднішній день використання ефектів для обробки гітарних сигналів є дуже поширеною, вони використовуються практично в усіх видах та напрямках музики. Слід зауважити що гітаристи використовують звукові ефекти як на записах у професійних студіях так і виступах з живим звуком. Звісно мова йде про ножні педалі та звукові плагіни, що встановлюються на комп'ютери. І в даній темі представлена робота по обом з цих напрямків.

Отже, гітарний ефект «перевантаження» включає в себе три підтипи overdrive, distortion та fuzz, які можна розглядати як ступені нелінійного спотворення первинного гітарного сигналу. Якщо ефект overdrive забезпечує «теплий» та «плавний» звук, ефект distortion є більш агресивним, оскільки спотворення звуку відбуваються, в основному, в нелінійній області характеристичної кривої. Ефект fuzz можна охарактеризувати словами «ще важче» та «ще жорсткіше» [1].

Метою даної роботи є порівняння сигналів після їх обробки фізичним приладом та кодом для програми MATLAB.

II. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В даній роботі для програмно-апаратного створення аудіоефекту overdrive було використано програмні додатки REAPER та SPAN, а для програмного моделювання цього ефекту використано середовище MATLAB.

Цифрова звукова робоча станція REAPER [6] — це програмне середовище для аудіо виробництва, запису та обробки музичних сигналів. Ця аудіостанція має широкі функціональні можливості та є розвиненою професійною робочою системою для створення, запису, редагування і мікшування аудіо і MIDI матеріалу, а також мастерингу композицій [4].

Важливим програмним додатком є спектральний аналізатор перетворень Фур'є SPAN, що працює

в режимі реального часу і призначений для використання в професійних музичних та аудіо додатках. Здебільшого він представляє можливості спектрального аналізатора динамічного параметричного еквалайзера Voxengo GlissEQ [5].

Програмний додаток Sptool є частиною програмного забезпечення MATLAB, це інтерактивний інструмент цифрової обробки сигналів. За допомогою цього інструменту можна створювати високоякісні графіки, які можливо експортувати і вставляти в наукові статті або особисті дослідження [2].

Схему апаратно-програмної системи, за допомогою якої був виконаний запис звукового сигналу електрогітари, наведено на рис. 1.

До складу цієї системи входять:

- звукова карта;
- комп'ютер із вказаним вище програмним забезпеченням;
- система акустичних моніторів;
- електрогітара Ibanez GIO;
- педаль ефекту overdrive Ibanez tube screamer.

Запис звуку інструменту на диск комп'ютера проводився через зовнішню аудіокарту, за допомогою програми REAPER. Щоб отримати запис сигналу з ефектом overdrive, до ланцюга була включена гітарна педаль ефектів Ibanez tube screamer.

Для створення ефекту overdrive програмними засобами MATLAB необхідно використовувати аналітичний вираз:

$$\begin{cases} 2x; & 0 \leq x \leq 1/3 \\ \frac{3-(2-3x)^2}{3}; & 1/3 \leq x \leq 2/3 \\ 1; & 2/3 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

Спектр сигналу, спотвореного засобами MATLAB, наведено на рис. 5.

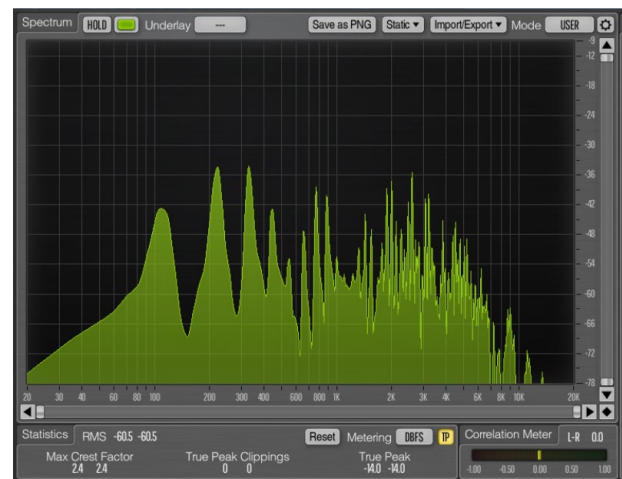


Рис.1 Система запису сигналу електрогітари

Код програми для створення ефекту overdrive у MATLAB [1]:

```
% x -input
N=length(x);
th=max(x)/3; % threshold for symmetrical soft
clipping
% by Schetzen Formula
for i=1:1:N,
if abs(x(i)) < th, y(i)=2*x(i); end;
if abs(x(i)) >= th,
if x(i) > 0, y(i)=(3-(2-x(i)*3).^2)/3; end;
if x(i) < 0, y(i)=-((3-(2-abs(x(i))*3).^2)/3);
end;
end;
if abs(x(i)) > 2*th,
if x(i) > 0, y(i)=max(x); end;
if x(i) < 0, y(i)=-max(x); end;
end;
end;
```

III. РЕЗУЛЬТАТИ

На рис. 2 показано спектр гітарного сигналу без спотворень, а на рис. 3 наведено спектр сигналу, що піддався спотворенню ефектом overdrive за допомогою апаратно-програмної системи рис. 1.

Зазначимо що для обох випадків була зіграна однакова нота (Ля – А2), а також було використано вікно Хана для FFT при побудові обох результатів.

Як видно з наведених спектрів, частота основного тону є 109 Гц в обох випадках. Гучність другого сигналу є більшою за гучність першого на 1.5 dB, що пояснюється додатковим підсиленням звуку на педалі (за допомогою ручки level).

Відмінності Рис.3 полягають у появі додаткових спектральних складових на частотах 380, 488, 970 Гц, а також підсилення вже існуючих спектральних складових від 600 Гц до 6 кГц.

Тепер розглянемо результати моделювання ефекту overdrive в середовищі MATLAB. З цією метою проведемо обробку «чистого» сигналу за формулою (1). Графіки «чистого» сигналу та сигналів, спотворених двома способами, наведено на рис. 4.

Рис.2 Спектр «чистого» сигналу

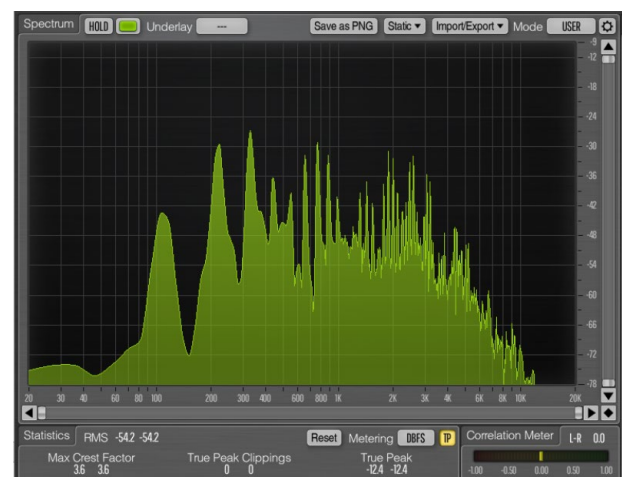


Рис.3 Спектр спотвореного сигналу (overdrive)

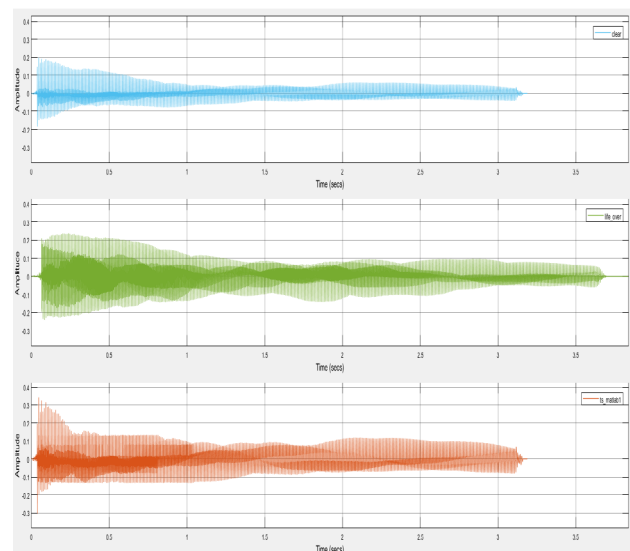


Рис.4 «Чистий» сигнал (а); сигнал, спотворений апаратно-програмною системою (б); сигнал, спотворений в MATLAB (в)

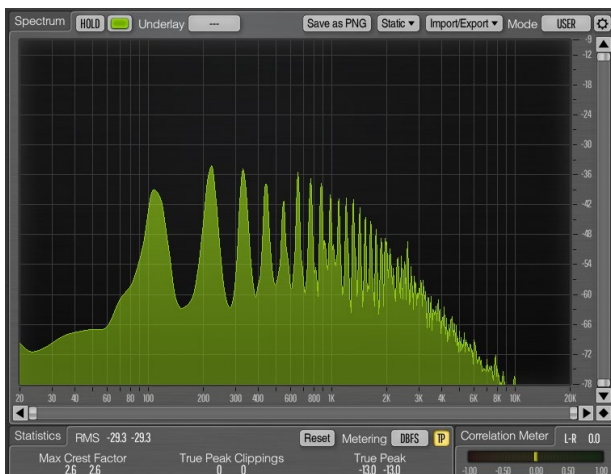


Рис.5 Спектр сигналу обробленого в MATLAB

Звучання сигналу, отриманого засобами MATLAB, є прийнятним, хоча воно й відрізняється від такого для сигналу, створеного апаратно-програмною системою. Суттєво відрізняються й спектри. Для сигналу, спотвореного в MATLAB, середина спектру має більший рівень, а додаткові спектральні складові з'являються після 800 Гц.

В даній роботі було розглянуто два методи – апаратно-програмний та програмний — створення ефекту

Надійшла до редакції 28 березня 2021 р.

UDC 681.846.3

Analysis of a Nonlinear Overdrive System

D. V. Hryshchuk, ORCID [0000-0002-1548-7494](https://orcid.org/0000-0002-1548-7494)

Department of Acoustics and Acoustoelectronics ames.kpi.ua

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)
Kyiv, Ukraine

Abstract—The article identifies the possibility of using MATLAB and Reaper programs for the analysis of nonlinear systems such as overdrive, on the example of the sound effect pedal Ibanez tube screamer. The range of functions of the Voxengo software package is indicated and a program is developed to try to repeat the overdrive effect.

Keywords — *overdrive; fundamental frequency; guitar signal; additional forms; signal spectrum.*

overdrive для ноти Ля (A2) гітарного звуку. В апаратно-програмному методі були задіяні електрогітара (джерело досліджуваного сигналу), педаль ефектів (перетворення сигналу) та комп'ютер із відповідним програмним забезпеченням (для дослідження сигналу, створення спектру сигналу). В програмному методі використовувалися запис сигналу без спотворення педалі, тобто «чистий» сигнал, та програмне забезпечення MATLAB.

Показано, що програмний спосіб дозволяє імітувати досліджуваний ефект лише наближено, тому в подальших дослідженнях доцільно поліпшити використану програму моделювання ефекту overdrive.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Zolzer, Udo. DAFX : digital audio effects / Udo Zolzer. – 2nd ed. p. cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 978-0-470-66599-2 (hardback)
- [2] MATLAB. URL: <https://docs.exponenta.ru/signal/ref/sptool.html>
- [3] Synopsis of lectures on the subject "Fundamentals of computer processing of music and speech". URL: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=64>
- [4] Cockos Reaper 6. URL: <https://musicmanuals.ru/manuals/daws-and-audio-editors/cockos-reaper-6>
- [5] Voxengo GlissEQ. URL: <https://musicmanuals.ru/manuals/vst/voxengo-span-plus>
- [6] REAPER. URL: <https://www.reaper.fm/>

