

УДК 004.94:[621.375.2:780.614.131]

ЕМУЛЯЦІЯ ГІТАРНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ І КАБІНЕТІВ

Борушко К.О.

e-mail: kyrylo.borushko@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., проф. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

Modern guitar technologies actively use digital emulation of amplifiers and cabinets. Physical modeling simulates analog circuits, while impulse response (IR) captures real cabinet sound. These methods offer flexibility, affordability, and convenience for musicians. Despite improved quality, some players still prefer analog gear. Challenges remain in sound authenticity, especially in budget models. Future development will focus on AI-driven models, enhancing realism and adapting to individual playing styles.

Сучасні гітарні технології зазнали значного розвитку, і одним із найважливіших досягнень є цифрова емуляція гітарних підсилювачів і кабінетів. Цей процес дозволяє музикантам отримати автентичне звучання лампових підсилювачів без необхідності використання дорогого та громіздкого обладнання. У даній роботі розглядаються методи цифрового моделювання підсилювачів та кабінетів, їхні переваги й недоліки.

На сьогодні існує два основні підходи до емуляції гітарних підсилювачів і кабінетів: фізичне моделювання (physical modeling) та використання імпульсних характеристик (impulse response, IR). Обидва методи мають свої переваги та недоліки, а також застосовуються в різних контекстах – від домашнього запису до концертних виступів.

Фізичне моделювання. Фізичне моделювання – це метод, що ґрунтується на математичному відтворенні поведінки кожного електронного компоненту аналогового підсилювача: ламп, трансформаторів, фільтрів тощо. У цьому підході враховується не лише спектральна характеристика звуку, а й нелінійні процеси, такі як перевантаження, гармонічні спотворення та компресія сигналу.

Сучасні програмні рішення, зокрема Neural DSP, Fractal Audio та Line 6 Helix, застосовують складні алгоритми фізичного моделювання для створення реалістичних моделей підсилювачів. Головна перевага цього методу – висока точність передачі не лише тону, а й динаміки, тобто чутливості підсилювача до манери гри музиканта.

Однак фізичне моделювання є вкрай ресурсоємним процесом. Висока якість моделювання потребує значних обчислювальних потужностей, що може бути проблемою для мобільних пристроїв або бюджетного обладнання.

Імпульсна характеристика (IR). Метод імпульсної характеристики полягає у записі звукової реакції (відгуку) реального гітарного кабінету на

тестовий сигнал. Цей відгук (або імпульс) містить інформацію про частотні властивості кабінету, особливості мікрофонів та акустичного середовища. Під час гри імпульс використовується для обробки звуку гітари, створюючи ефект гри через реальний кабінет.

Імпульсні характеристики надзвичайно популярні у студійних звуко-режисерів, оскільки вони дозволяють швидко створити професійне звучання без необхідності налаштовувати реальні мікрофони та підсилювачі. Крім того, існують великі бібліотеки комерційних та безкоштовних IR-файлів, що дозволяє експериментувати з різними типами кабінетів і мікрофонів.

Проте метод IR має і свої обмеження. На відміну від фізичного моделювання, він відтворює лише частотну характеристику кабінету, але не динамічну поведінку підсилювача. Це означає, що IR не реагує на зміну рівня сигналу або манеру гри музиканта – він просто фільтрує звук згідно зі своєю фіксованою характеристикою.

Гібридні підходи. Оскільки обидва методи мають свої сильні й слабкі сторони, сучасні розробники часто поєднують їх у гібридних рішеннях. Наприклад, підсилювач моделюється за допомогою фізичного моделювання, а кабінет – через IR. Такий підхід дозволяє досягти оптимального балансу між динамікою, реалістичністю звучання та економією обчислювальних ресурсів.

Майбутній розвиток цифрової емуляції пов'язаний із впровадженням штучного інтелекту та машинного навчання. Нові алгоритми, засновані на нейронних мережах, дозволяють створювати адаптивні моделі підсилювачів, які підлаштовуються під індивідуальний стиль гри. Такі технології вже частково використовуються у Neural DSP (технологія Neural Capture), і ця тенденція лише посилюватиметься.

Отже, цифрова емуляція гітарних підсилювачів та кабінетів стала незамінним інструментом для сучасних музикантів. Вона поєднує високу якість звучання, доступність та зручність використання. Завдяки розвитку обчислювальних технологій та штучного інтелекту ми можемо очікувати, що цифрові рішення дедалі більше витіснятимуть аналогове обладнання, особливо у сфері домашнього продакшену та живих виступів.

Список використаних джерел:

1. Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W. Discrete-Time Signal Processing. Pearson, 2009. 1120 p.
2. Kemper GmbH. Kemper Profiling Amplifier: Technology Overview. 2023. URL: <https://www.kemper-amps.com> (дата звернення: 05.02.2025).
3. Neural DSP. Quad Cortex and Neural Capture: The Future of Amp Modeling. 2023. URL: <https://www.neuraldsp.com> (дата звернення: 05.02.2025).
4. Fractal Audio Systems. Axe-Fx III Technology and Sound Processing. 2023. URL: <https://www.fractalaudio.com> (дата звернення: 05.02.2025).