



*Междисциплинарные науки*

**УДК 793.3**

**К.В. Волченко**

**Волченко Ксения Владимировна**, студентка 3 курса факультета телерадиовещания и театрального искусства Краснодарского государственного института культуры (Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 33), e-mail: vladimir-volchenko@yandex.ru

Научный руководитель: **Волченко Владимир Васильевич**, доцент кафедры кино, телевидения и звукорежиссуры Краснодарского государственного института культуры (Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 33), e-mail: vladimir-volchenko@yandex.ru

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СИНТЕЗА ЗВУКА КАК ВЫРАЗИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО В ПРАКТИКЕ РАБОТЫ ЗВУКОРЕЖИССЕРА**

В современной звукорежиссуре применение электронных музыкальных инструментов и синтезаторов приобретает все большее значение. Владение основами синтеза звука дает аранжировщикам и звукорежиссерам огромную палитру выразительных средств. Если изначально с помощью синтеза стремились воссоздать звуки уже существующих инструментов и процессов физического мира, то с течением времени синтез звука вырос в самостоятельное направление звукорежиссерского творчества.

**Ключевые слова:** музыкальная звукорежиссура, саунд-дизайн, субтрактивный синтез, FM-операторы.

**Volchenko Kseniya Vladimirovna**, 3rd year student of faculty of broadcasting and theater arts of the Krasnodar state institute of culture (33, im. 40-letiya Pobedy st., Krasnodar), e-mail: vladimir-volchenko@yandex.ru

Research supervisor: **Volchenko Vladimir Vasilyevich**, associate professor of department of cinema, television and sound engineering of the Krasnodar state institute of culture (33, im. 40-letiya Pobedy st., Krasnodar), e-mail: vladimir-volchenko@yandex.ru

## **THE PHYSICAL PRINCIPLES OF SOUND SYNTHESIS AS AN EXPRESSIVE MEANS IN THE PRACTICE OF A SOUND ENGINEER**

In modern sound engineering, the use of electronic musical instruments and synthesizers is becoming increasingly important. Mastering the basics of sound synthesis gives arrangers and sound engineers a huge palette of expressive means. If initially, with the help of synthesis, they sought to recreate the sounds of already existing instruments and processes of the physical world, then over time, sound synthesis has grown into an independent direction of sound engineering creativity.

**Key words:** musical sound engineering, sound design, subtractive synthesis, FM operators.

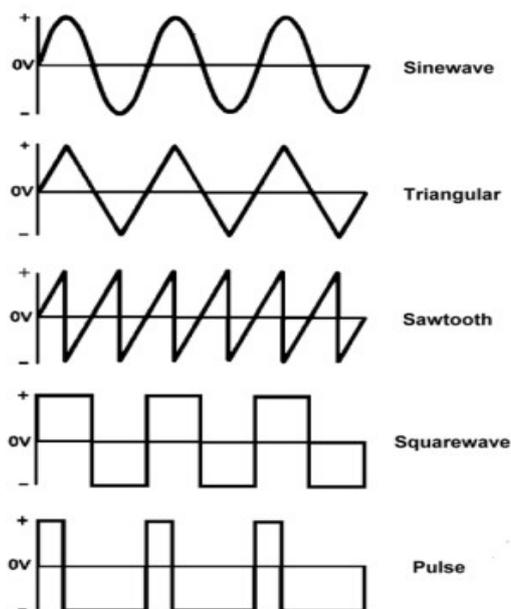
Саунд-дизайн современных фонограмм, видеоигр и звуковых дорожек в видеоконтенте основывается прежде всего на процессах синтеза звука. Целесообразно рассмотреть основные типы синтеза с точки зрения физических принципов и структуры синтезаторов.

Физические принципы субтрактивного синтеза. Субтрактивный синтез переводится с английского языка как вычитающий. В данном названии заключается основная суть процесса. За основу берется сигнал одного или нескольких осцилляторов, имеющий очень богатый спектр, и с помощью

фильтров из данного сигнала вырезаются некоторые области частот, как правило, это высокие частоты. Как известно, форма волны и ее спектр взаимосвязаны преобразованием Фурье, чем больше волна отличается от синусоиды (пилообразный сигнал, меандр, треугольные импульсы, серия импульсов с переменной скважностью), тем богаче спектр такого сигнала. Эта же закономерность действует и в обратную сторону: чем сильнее фильтром Low-pass отрезаются высокие частоты, тем форма волны будет более округлой, и тембр будет мягче на слух.

Итак, в процессе синтеза осцилляторы генерируют сигнал сложной формы с резким тембром и излишне богатым спектром (форма волны имеет множество резких изгибов), далее с помощью фильтров спектр сигнала приводится к более приятному на слух звучанию. В составе субтрактивного синтезатора есть структурные элементы для модуляции сигнала: генератор низкой частоты – LFO и генератор огибающей ADSR. Данные генераторы могут модулировать как амплитуду, так и любой другой параметр сигнала осцилляторов, что позволяет создавать звук, изменяющийся во времени и более привлекательный для слушателя, а также управлять жесткостью атаки получаемого тембра.

В качестве исходных сигналов помимо синусоиды обычно используются меандр (прямоугольный, square), пилообразный (saw) – прямой и обратный; и треугольный (triangle), прямоугольный сигнал с переменной скважностью (отношением всего периода к положительному полупериоду), а также различные виды шумов (случайных периодических колебаний):

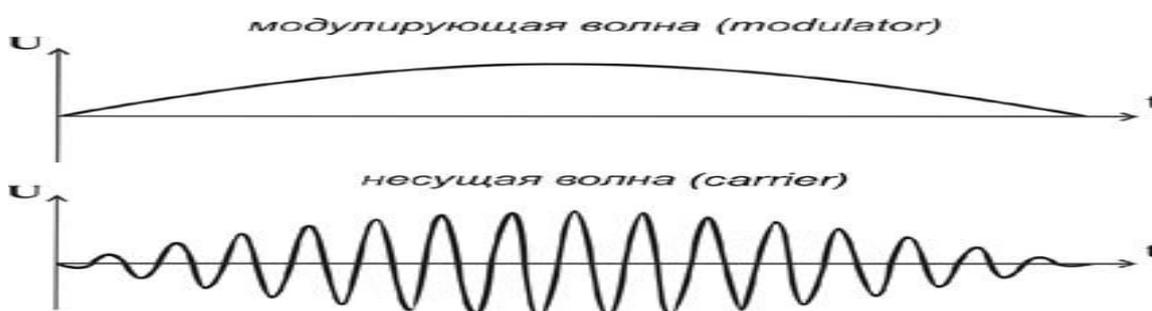


Частным случаем субтрактивного синтеза может служить человеческая речь. В процессе звукоизвлечения голосовые связки генерируют периодические колебания сложной формы, а полость носоглотки является объемным резонатором, который модифицирует спектр получаемого сигнала и его огибающую по аналогии с фильтром в субтрактивном синтезаторе. Также субтрактивный синтез происходит в процессе формирования сигнала электрогитары. Педаль эффекта дисторшн из синусоидального сигнала струны создает меандр, далее этот сигнал с очень богатым спектром проходит частотную коррекцию фильтрами и спикер-симулятором, в процессе чего формируется окончательный тембр инструмента.

Субтрактивный синтез повсеместно распространен в музыкальной индустрии: большинство аппаратных и программных синтезаторов используют этот принцип формирования звука. Классическим синтезатором данного типа является синтезатор Муга.

В процессе синтеза звука активно применяются различные виды модуляции. Амплитудная модуляция для создания нужной формы огибающей сигнала или эффекта тремоло. Частотная модуляция для создания эффекта расстроенного унисонного звучания. Модулироваться могут также параметры фильтрации для изменения во времени получаемого тембра

сигнала. Принцип модуляции состоит в использовании низкочастотного сигнала, т.е. сигнала, частота которого ниже порога восприятия (модулирующая волна) для изменения значения, например, амплитуды модулируемого сигнала (несущая волна):



### Основные структурные элементы FM-синтезатора

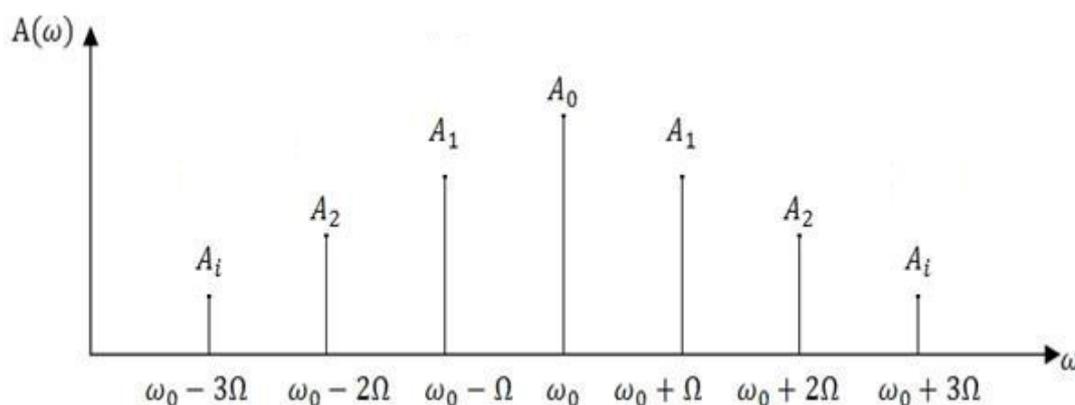
FM-Операторы. Оператор – это основной структурный элемент блок-схемы FM-синтезатора. Оператор генерирует волну одной или нескольких форм (синусоида, пила, меандр или треугольник), но в отличие от обыкновенного осциллятора, FM-оператор имеет вход для модулирующего сигнала, на который подается сигнал с другого оператора. Таким образом, несколько операторов выстраиваются в различные конфигурации, модулируя по частоте сигналы друг друга. Схема соединения операторов и модулирующих генераторов называется "патч", это слово стало синонимом слова "пресет". При этом как у любого модулированного сигнала, в сигналах операторов возникают верхняя и нижняя боковые составляющие, что значительно обогащает спектр создаваемого сигнала, таким образом «конструируя» его тембр.

Оператор, выход которого направляется на выход синтезатора, является генератором основной «несущей» (carrier) частоты, определяющей высоту тона. Если на выход синтезатора направляются выходы нескольких операторов, их сигналы суммируются и слышны как одновременное звучание нескольких звуков. Такой способ позволяет создавать звуковые слои (layers). Если два генератора несущей с небольшой расстройкой по частоте подключены к выходу синтезатора, между ними возникает эффект

биений, что воспринимается на слух как амплитудное вибрато или унисонное звучание.

Носители и модуляторы. Носители – это операторы, которые выполняют функцию генерации несущей частоты, которую модулируют сигналы с других операторов или специализированных генераторов (LFO – генераторы низкой частоты, ADSR – генератор огибающей). Модуляторы – это либо другие FM-операторы, которые модулируют сигнал операторов-носителей, либо генераторы LFO или ADSR. Модуляция является процессом, при котором модулирующий сигнал управляет каким-либо параметром несущего сигнала (в случае FM-синтеза этот параметр – частота несущего сигнала). Модулирующие генераторы создают не звук, который мы услышим, а сигналы, управляющие частотой несущих генераторов, таким образом создавая требуемый спектр синтезируемого звука и его огибающую.

В общем случае спектр частотно-модулированного сигнала представлен на рисунке, где  $\omega_0$  – несущая частота, а  $\Omega$  – модулирующая частота.



Уровень верхней и нижней боковых составляющих определяется уровнем сигнала модулятора: чем выше уровень модулирующего сигнала, тем больше к сигналу добавляется гармоник, и следовательно, тем ярче получается тембр.

Особый вид соединения операторов – обратная связь (feed back), когда выход оператора (или цепочки операторов) подключается к его

модулирующему входу. Такой способ позволяет создавать шумоподобный спектр сигнала, гармоники в котором расположены очень плотно.

В состав каждого оператора может входить свой генератор огибающей, который позволяет управлять изменениями во времени амплитуды или других параметров сигнала. Выходы нескольких операторов также могут соединяться между собой. Способ соединения операторов называется алгоритмом. Иными словами, алгоритм – это карта, которая указывает, какие операторы назначены в качестве несущих или модуляторов, и куда направляется каждый из них.

Таким образом, отметим, что субтрактивный и FM-синтез прошли длительный эволюционный путь от синтезаторов на электронных лампах и полупроводниковой элементной базе до алгоритмов в цифровой среде компьютерных рабочих станций и на данный момент являются основой саунд-дизайна во многих направлениях звукорежиссуры. Понимание физических принципов синтеза и схемотехнических основ построения синтезаторов позволяет звукорежиссеру значительно расширить палитру выразительных средств, применяемых в процессе создания фонограмм.

### **Список источников**

1. Алдошина, И.А. Музыкальная акустика: учебник / И.А. Алдошина, Р. Приттс. – Санкт-Петербург: Композитор-Санкт-Петербург 2006. – 720 с.
2. Деникин, А.А, Профессия – дизайнер звука / А.А. Деникин // Звукорежиссер. – № 8. – 2012. – С.52-56.
3. Ефимова, Н.Н. Звук в эфире (издание второе, дополненное). Учебное Пособие / Н.Н. Ефимова. – Москва: Академия медиаиндустрии, 2015 г. – 145 с.