

СПОСОБ СИНТЕЗА ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА ХРОМАТИЧЕСКОЙ ГАММЫ ИЗ КОЛЕБАНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Тимошевич В.Б.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в системах автоматизации и робототехники получили широкое распространение визуальный и аудио-обмен информацией между оператором и системой. При аудио-обмене система может распознавать и синтезировать человеческую речь на разных языках. Но синтез осуществляется программно, что делает речь устройства не всегда благозвучной для человеческого уха. Эту ситуацию можно улучшить, используя особенности восприятия звука человеком.

Как известно, тембр человеческого голоса и музыкальных инструментов различается, в том числе, его гармоническим составом. Различие частот сигнала в два раза называется октавой. Однако, нота «ля» первой октавы с частотой 440 Гц будет по-разному звучать у мужчины и женщины, у органа и скрипки. Разложение в ряд Фурье позволяет проанализировать амплитуды и фазы высших гармонических составляющих (обертонов) звукового сигнала, превышающих частоту основного тона в целое число раз. При этом оказывается, что четные обертоны дают мягкую, приятную окраску, а нечетные, особенно седьмой, дают резкие, пронзительные звуки [1]. При этом четные обертоны воспринимаются слухом как одинаковые ноты разных октав: «ля» первой октавы имеет частоту 440 Гц, второй – 880 Гц, третьей – 1760 Гц, четвертой – 3520 Гц и т.д. Это же справедливо для последовательного уменьшения частот в два раза. Всего различают (для органа) девять октав – от субконтроктавы (от 16 Гц) до пятой октавы (до 8000 Гц) [2].

Кроме того на субъективные восприятия звука влияет скорость нарастания и затухания звука, а также изменение амплитудных и фазовых соотношений его гармонических составляющих по мере их затухания.

Основой качественного многоголосного звучания считается аккорд. В хроматической гамме [3] различают главные аккорды – минорный и мажорный, содержащие по три основные ноты, и дополнительные аккорды, например, септаккорд, сектаккорд, нонаккорд и др.

Если заранее известно, какой аккорд нужно сформировать, например, «ля» минор, «ля» мажор и т.д., существует устройство, выполняющее это на микропроцессорном, либо даже на микросхемном уровне [3]. Однако задача существенно усложняется, если заранее неизвестно, от какого звука и какой аккорд нужно получить. В главных аккордах – минорном и мажорном – частотное положение первой и третьей нот совпадают, а второй различаются. Например, аккорд «ля»-минор содержит ноты «ля»,

«до», «ми», а «ля»-мажор – ноты «ля», «до» диэз, «ми». Причем они могут быть в разных октавах. Обратим внимание, что ноты «ля» и «ми» у них повторяются. Известно, что частота ноты «ля» первой октавы равна 440 Гц. Умножив эту частоту на три, получим 1320 Гц, что соответствует частоте ноты «ми» второй октавы 1319 Гц с точностью менее одного цента, что незаметно для человеческого уха. То есть используя сигнал ноты «ля», мы получаем второй сигнал с частотой ноты «ми». Просуммировав их, мы получим две ноты аккорда «ля» как минорного, так и мажорного. К этим двум звукам можно добавить третий («ля» второй октавы частотой 880 Гц), полученный умножением частоты 440 Гц на два, и четвертый («ми» первой октавы) с частотой 660 Гц, полученный делением частоты 1320 Гц на два. Это придает звуку органное звучание.

Очевидно, что операции умножения и деления частоты проще проводить с прямоугольными сигналами, а суммировать в аккорд целесообразно сигнал, близкий по форме к гармоническому, что вполне осуществимо в настоящее время при использовании микропроцессоров.

Этот способ позволяет произвольный квазигармонический сигнал преобразовать в квазиаккорд и придать звуку органное звучание.

Однако умножение частоты в простых устройствах может вызвать затруднения. Гораздо проще осуществить деление частоты. Если разделить частоту ноты «ми» второй октавы 1319 Гц на три и на два, мы получим частоты 439,7 и 659,5 Гц, что с точностью 0,1 цент соответствует нотам

«ля» и «ми» первой октавы. Просуммировав их, мы снова получим квазиаккорд и органное звучание. При аудио-обмене между оператором и системой это не вызовет проблем, но при использовании устройства, например, в караоке, исполнитель должен петь вторым голосом. Испытания подобного устройства в многотональном музыкальном дверном звонке показало хорошие результаты при минимальных затратах.

Способ позволяет существенно улучшить качество звука голоса, в том числе работа либо ответчика автоматизированной системы при произвольной частоте и форме их исходного выходного аудио-сигнала, причем на любом языке.

1. Кубат К. Звукооператор-любитель. М.: Энергия, 1978.-192с;
2. Байков А.Л. Музыкантам о звукоусилении. Мн.: Польша, 1981.-88с;
3. Бирюков С.А. Цифровые устройства на интегральных микросхемах. М.: Радио и связь, 1984.-88с.