

1 Лабораторная работа №2 – Реализация звуковых эффектов на основе применения модуляции

Цель: Реализация эффекта тремоло в системе Matlab, поиск наилучших параметров для повышения естественности звучания.

1.1 Теоретические сведения

1.1.1 Звуковой эффект «тремоло»

Тре́моло в переводе с итальянского означает «дрожащий». Это приём игры на струнных, клавишных, смычковых и духовых музыкальных инструментах, при котором делается быстрое повторение одного звука либо быстрое чередование двух не соседних звуков, двух созвучий (интервалов, аккордов), отдельного звука и созвучия. На смычковых инструментах преимущественно применяется тремоло на одной ноте, происходящее от быстрого движения смычка вверх и вниз. Тремоло из двух чередующихся нот, называется тремоло-легато. Тремоло является основным приемом игры на мандолине, домре и балалайке. На слух этот эффект воспринимается как дрожание звука.

В электронной музыке тремоло рассматривается как частный случай амплитудного вибрато и имитируется с помощью амплитудной модуляции. В отличие от вибрато, у тремоло относительно высокая частота вибрации (10...12 Гц), максимальная глубина модуляции достигает 1, а модулированное колебание имеет импульсный характер.

При *амплитудной модуляции* (АМ) амплитуда A_0 периодического колебания с частотой F , называемого несущим, изменяется по времени под воздействием другого периодического колебания с более низкой частотой F_{md} и меньшей амплитудой A_{md} . В радиосвязи несущее колебание всегда является синусоидальной функцией с частотой значительно выше, чем максимальная частота спектра модулирующего сигнала. В аудиотехнике при создании звуковых эффектов широкополосный периодический звуковой сигнал выполняет функцию несущей частоты и модулируется низкочастотным периодическим звуковым колебанием с частотой обычно ниже звукового диапазона.

Если оба колебания синусоидальные, то АМ сигнал записывается в виде

$$a(t) = A_0 [1 + m \cdot \cos(2\pi F_{md} t)] \cdot \cos(2\pi F t),$$

где m – глубина модуляции,

$$m = \frac{A_{md}}{A_o}.$$

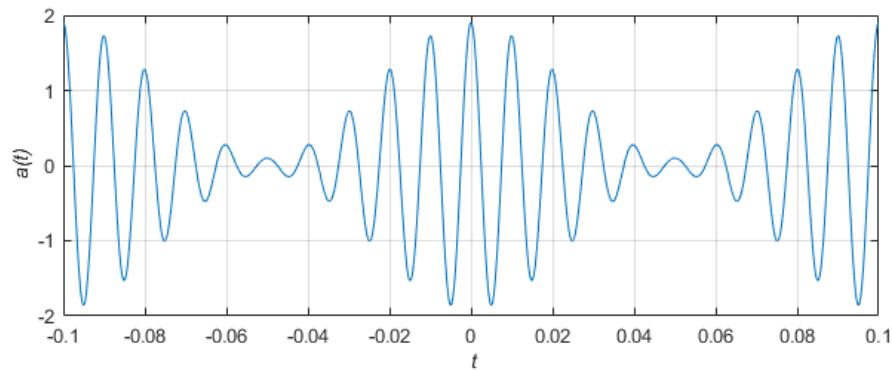


Рисунок 1.1 – Сигнал АМ модуляции ($m = 0.9$)

Спектр такого колебания может быть представлен в виде

$$a(t) = A_0 \left[\cos(2\pi Ft) + \frac{m}{2} \cos \left(2\pi(F + F_{md})t + \frac{m}{2} \cos(2\pi(F - F_{md})t) \right) \right]$$

Из этого равенства следует, что в спектре АМ сигнала присутствуют только три составляющие: F , $F + F_{md}$ и $F - F_{md}$. Глубина модуляции может меняться от 0 до 1. При максимальной глубине модуляции амплитуда боковых составляющих спектра вдвое меньше амплитуды несущего колебания. В зависимости от идеологии исполнения модулятора в спектре может быть еще и составляющая спектра модулирующего колебания F_{md} .

Амплитудная модуляция в аудиотехнике отличается тем, что слышны все составляющие спектра модулированного колебания, и ее слуховое восприятие существенно зависит от особенностей слуха человека. При частоте модуляции ниже 20 Гц составляющие спектра АМ из-за нелинейности слуха воспринимаются как биения нескольких частот (рис. 1.1). Поэтому одновременно слышны тоны с частотами F_{md} , $2F_{md}$ и несущая частота F . Частота F_{md} возникает как разность звуковых колебаний $(F + F_{md}) - F$ и $F - (F - F_{md})$, частота $2F_{md} = (F + F_{md}) - (F - F_{md})$ и эти колебания всегда попадают в одну критическую полосу слуха (W_{kb}).

Из графика на рис.1.2 следует, что звучание биений является *консонансным*, если разность между частотами, их создающими, меньше $0,1 W_{kb}$. Оно становится диссонансным, когда разность частот приближается к величине $0,25 W_{kb}$, они звучат в унисон, когда разность между этими частотами меньше $0,03 W_{kb}$. В диапазоне от 20 до 500 Гц W_{kb} примерно равна 100 Гц, поэтому консонансное звучание АМ возможно при частотах модуляции ниже 15 Гц, и выше 3...4 Гц.

Например, если 4-я критическая полоса занимает диапазон [300 400] Гц. Консонантное звучание в ней можно достигнуть, если $F_{md} < 0,1W_{kb}$, следовательно $F_{md} < 10$ Гц. Диссонантное звучание достигается при $F_{md} = 0,25W_{kb}$, т.е. в рассматриваемом примере: $F_{md} = 25$ Гц, поскольку ширина полосы $W_{kb}=100$ Гц.



Рисунок 1.2 – Консонансное и диссонансное звучание

1.2 Реализация эффекта тремоло

Схема на рис. 1.3 поясняет принцип формирования звукового эффекта «тремоло». В этой схеме на вход подается звуковой сигнал и далее он разделяется на два канала. В каждом из них можно регулировать уровень с помощью регулятора уровня (РУ). Канал, в котором производится амплитудная модуляция звукового сигнала, при описании программных модулей называется wet out. Канал, в котором сигнал проходит без изменений, – называется dry out. Для создания эффекта «тремоло» в канале wet out производится почти 100% АМ звукового сигнала, при которой спектральные составляющие боковых полос максимальны. При суммировании сигналов обоих каналов их уровни подбираются таким образом, чтобы глубина АМ выходного сигнала сумматора не превышала 5...10%.

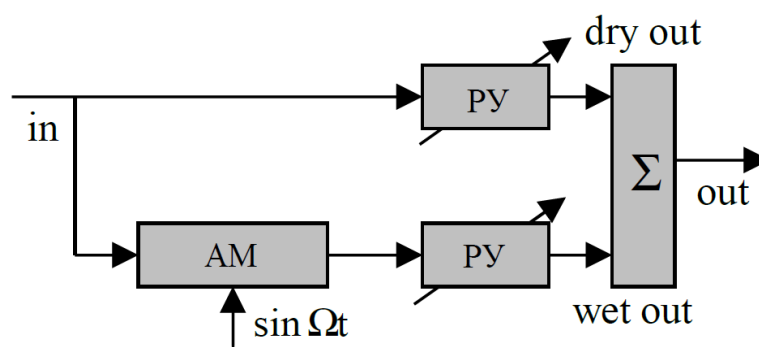


Рисунок 1.3 – Схема формирования звукового эффекта «тремоло»

При цифровой реализации модулятора его передаточная функция определяется равенством в дискретно-временной области

$$y(n) = [1 + m \times t(n)] \times x(n),$$

где n - номера выборок, $x(n)$ – входной звуковой сигнал, $y(n)$ – АМ сигнал, $t(n)$ - модулирующий сигнал, m – глубина модуляции, предполагается, что пиковое значение $t(n) = 1$.

2 Задание

Лабораторная работа включает выполнение практических заданий в среде Matlab в соответствии с вариантом (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Варианты заданий

Вариант	Задание
1	<p>А) Сформировать сигнал для получения эффекта биения с консонантным звучанием в критической полосе 9, для этого определите несущую частоту F и модулирующую частоту F_{md}.</p> <p>Б) Реализовать эффект тремоло, используя в качестве модулирующего сигнала периодический треугольный сигнал.</p>
2	<p>А) Сформировать сигнал для получения эффекта биения с диссонансным звучанием в критической полосе 11, , для этого определите несущую частоту F и модулирующую частоту F_{md}.</p> <p>Б) Реализовать эффект тремоло, используя в качестве модулирующего сигнала периодический треугольный сигнал.</p>

Вариант	Задание
3	<p>А) Сформировать сигнал для получения эффекта биения с консонантным звучанием в критической полосе 10, для этого определите несущую частоту F и модулирующую частоту F_{md}.</p> <p>Б) Реализовать эффект тремоло, используя в качестве модулирующего сигнала синусоиду.</p>
4	<p>А) Сформировать сигнал для получения эффекта биения с диссонансным звучанием в критической полосе 8, для этого определите несущую частоту F и модулирующую частоту F_{md}.</p> <p>Б) Реализовать эффект тремоло, используя в качестве модулирующего сигнала периодический прямоугольный сигнал (меандр).</p>

Таблица 2.2 — Критические полосы

Номер полосы	Частотный диапазон, Гц	Номер полосы	Частотный диапазон, Гц
1	0-100	13	1720-2000
2	100-200	14	2000-2320
3	200-300	15	2320-2700
4	300-400	16	2700-3150
5	400-510	17	3150-3700
6	510-630	18	3700-4400
7	630-770	19	4400-5300
8	770-920	20	5300-6400
9	920-1080	21	6400-7700
10	1080-1270	22	7700-9500
11	1270-1480	23	9500-12000
12	1480-1720	24	12000-15500

2.1 Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения по теме лабораторной работы.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения практической части работы.
3. Реализовать в Matlab задание.
4. Показать результат работы устройства преподавателю.

5. Оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

2.2 Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Matlab-описание заданий.
4. Графики из задания по пункту А, содержащие временное и частотное представление полученных сигналов. Расчет, подтверждающий, что сигнал имеет консонантное/ диссонансное звучание. Графики, содержащие временное представление и спектрограмму сигнала, полученного в задании по пункту Б.
5. Выводы по работе.