

Отчет по лабораторной работе № 2

Тема:

Гармоники

Самсонов Сергей

Упражнение 2.1

Задание: Для Jupyter надо загрузить chap02.ipynb и примеры. Этот блокнот можно также просмотреть на веб-странице <http://tinyurl.com/thinkdsp02>.

Решение: chap02.ipynb.

Заключение: Примеры в chap02.ipynb иллюстрируют что из себя представляют волна и частотный спектр, если частота волны и выборка кратны и как они будут выглядеть, когда кратность нарушена.

Упражнение 2.2

Задание: Пилообразный сигнал линейно нарастает от -1 до 1, а затем резко падает до -1 и повторяется.

См. <http://en.wikipedia.org/wiki/Sawtooth-wave>.

Напишите класс, называемый SawtoothSignal, расширяющий signal и предоставляющий evaluate для оценки пилообразного сигнала.

Вычислите спектр пилообразного сигнала. Как соотносится его гармоническая структура с треугольным и прямоугольным сигналами?

Решение: chap02s.ipynb

Заключение: По сравнению с прямоугольной волной, пилообразный сигнал уменьшается аналогично, но включает как четные, так и нечетные гармоники.

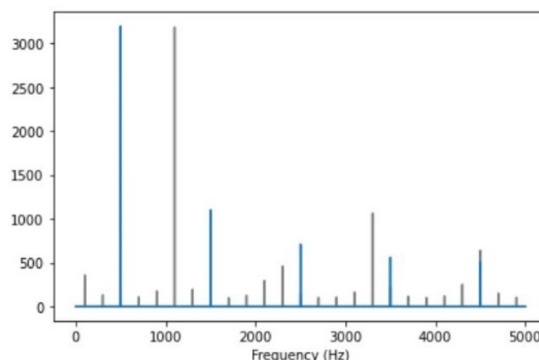
По сравнению с треугольной волной, пилообразный зуб снижается не так быстро. В частности, гармоники треугольной волны уменьшаются пропорционально $1/f$, в то время как пилообразная составляющая уменьшается как $1/f$.

Упражнение 2.3

Создайте прямоугольный сигнал 1100 Гц и вычислите wave с выборками 10 000 кадров в секунду. Постройте спектр и убедитесь, что большинство гармоник «завернуты» из-за биений. Слышны ли последствия этого при проигрывании?

Решение: chap02s.ipynb

Заключение: Мы видим основную гармонику на частоте 1100 Гц (се-



рая) и первую гармонику на частоте 3300 Гц. Пятая гармоника будет

12100 Гц. В результате имеем пик на 2100 Гц, следующий на 4300 Гц и т.д. Когда мы слушаем волну, основной тон, который мы воспринимаем, является псевдонимом на частоте 500 Гц. Синяя зависимость – прямоугольный сигнал (500 Гц), но кратное соотношение частота-выборка и как следствие – биений нет.

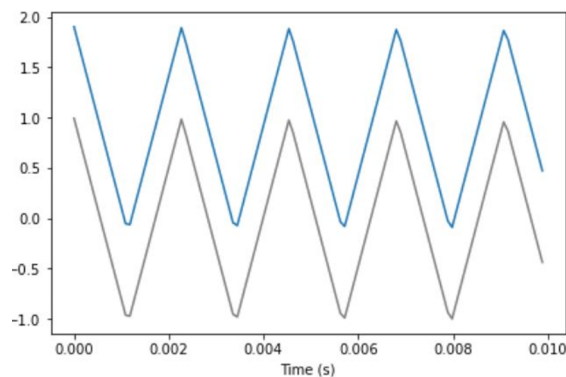
Упражнение 2.4

Возьмите объект `Spectrum` и распечатайте несколько первых значений `spectrum.fs`. Убедитесь, что они начинаются с нуля, то есть `Spectrum.hs [0]` - амплитуда компоненты с частотой 0. Но что это значит? Проведите такой эксперимент:

1. Создайте треугольный сигнал с частотой 440 Гц и `wave` длительностью 0,01 секунд. Распечатайте сигнал.
2. Создайте объект `Spectrum` и распечатайте `Spectrum.hs[0]`. Каковы амплитуда и фаза этого компонента?
3. Установите `Spectrum.hs [0] = 100`. Как эта операция повлияет на сигнал? Подсказка: `Spectrum` дает метод, называемый `make wave`, вычисляющий `wave`, соответствующий `Spectrum`.

Решение: `chap02s.ipynb`

Закключение: Компонент нулевой частоты - это сумма всех значений в сигнале (синяя). Если сигнал не смещен, компонент нулевой частоты равен 0 (серая). В контексте электрических сигналов член нулевой частоты называется смещением постоянного тока; то есть смещение постоянного тока добавляется к сигналу переменного тока.



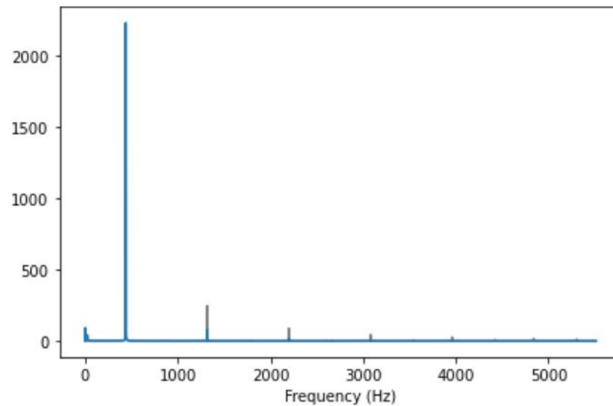
Упражнение 2.5

Напишите функцию, принимающую `Spectrum` как параметр и изменяющую его делением каждого элемента `hs` на соответствующую частоту из `fs`. Подсказка: поскольку деление на ноль не определено, надо задать `Spectrum.hs[0] = 0`. Проверьте эту функцию, используя прямоугольный, треугольный или пилообразный сигналы: 1. Вычислите `Spectrum` и распечатайте его. 2. Измените `Spectrum`, вновь используя свою функцию, и распечатайте его. 3. Используйте `Spectrum.make-wave`, чтобы сделать

wave из измененного Spectrum, и прослушайте его. Как эта операция повлияла на сигнал?

Решение: chap02s.ipynb

Заключение: Вот как выглядят частотный спектр до (серый) и после (синий) операции «деление». Действие этой операции эквивалентно действию фильтра нижних частот.



Упражнение 2.6

У треугольных и прямоугольных сигналов есть только нечетные гармоники; в пилообразном сигнале есть и четные, и нечетные гармоники. Гармоники прямоугольных и пилообразных сигналов уменьшаются пропорционально $1/f$; гармоники треугольных сигналов - пропорционально $1/f^2$. Можно ли найти сигнал, состоящий из четных и нечетных гармоник, спадающих пропорционально $1/f^2$?

Подсказка: для этого есть два способа. Можно собрать желаемый сигнал из синусоид, а можно взять сигнал со спектром, похожим на необходимый, и изменять его параметры.

Решение: chap02s.ipynb

Заклучение: Один из вариантов - начать с пилообразной волны, в которой есть все необходимые нам гармоники, а затем применить операцию «деление». В результате получим желаемый результат.

Другой подход – сложить серию косинусоидальных сигналов с правильными частотами и амплитудами. Любопытно, что в этом случае волна напоминает параболическую функцию, которая, действительно, спадает как $1/f^2$.

