

Прямоугольный сигнал, его разложение и свертка Фурье Square signal, its decomposition and Fourier convolution

Синусоидальный сигнал и его представление в векторном виде
Sinusoidal signal and its vector representation

Формирование синусоидального сигнала можно прелставить по следующему рис. 1
The formation of a sinusoidal signal can be represented in the following Fig. 1

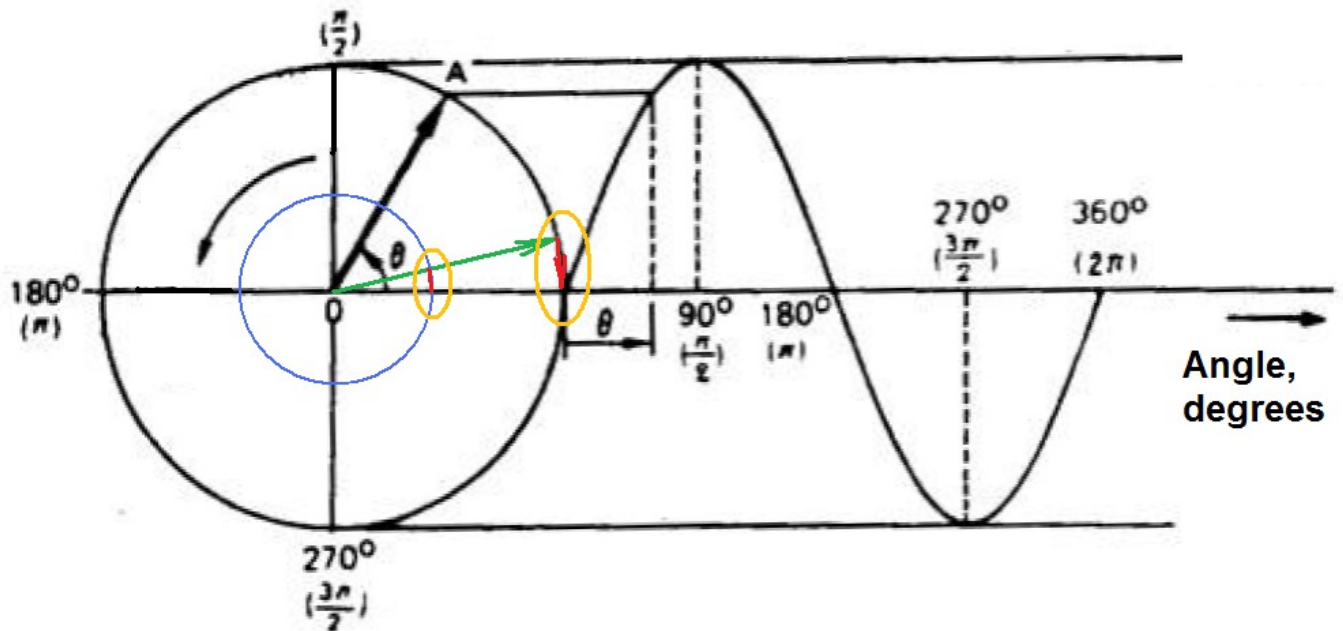


fig. 1

Любой сигнал можно разложить в ряд Фурье, т. е. на отдельные синусоиды. Обратный процесс, т. е. восстановление сигнала из его составляющих называют сверткой Фурье.

Вот например, прямоугольный сигнал и его первая гармоника, рис. 2

Any signal can be expanded in a Fourier series, i.e., into separate sinusoids. The reverse process, that is, the restoration of a signal from its components is called Fourier convolution.

For example, a square wave and its first harmonic, Fig. 2

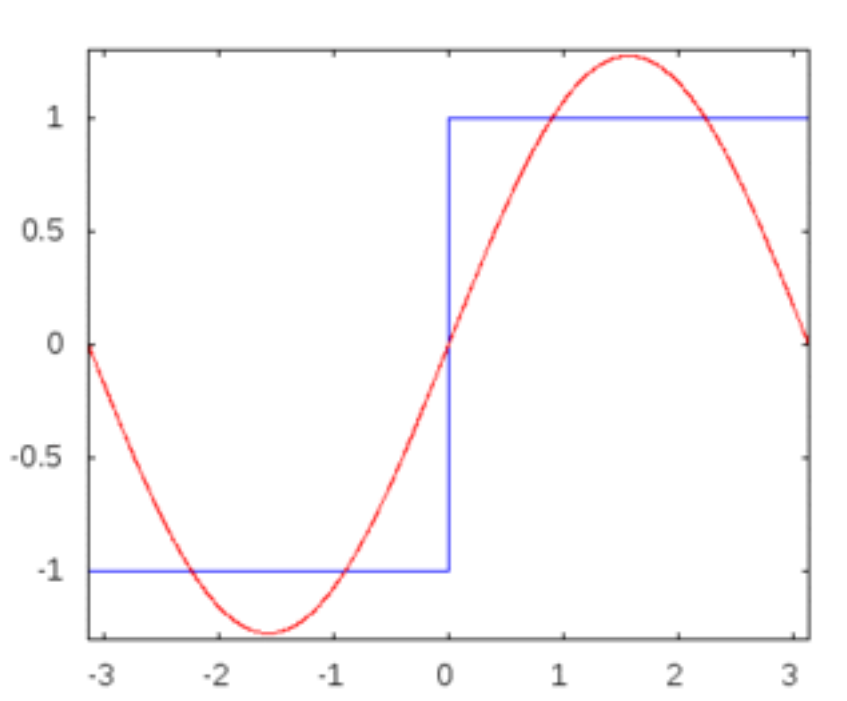


Fig. 2

Результат разложения прямоугольного сигнала в ряд Фурье показан на рис. 3
 The result of decomposing a rectangular signal into a Fourier series is shown in Fig. 3

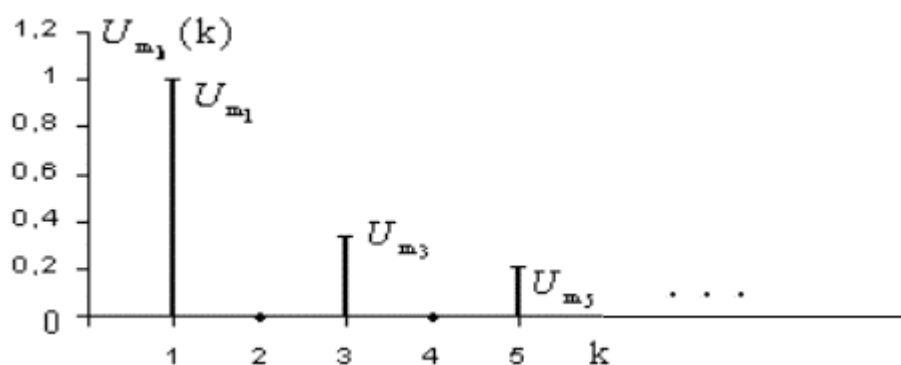


Fig. 3

На рисунке 3 показаны только основная 1-я гармоника, 3-я и 5-я гармоники. С ростом номера гармоники их уровень уменьшается.

Figure 3 shows only the fundamental 1st harmonic, 3rd and 5th harmonics. As the harmonic number increases, their level decreases.

В интернете есть анимированные рисунки демонстрирующие этот процесс.

К сожалению в этом форуме не вставляются анимированные рисунки, я уже пробовал вставлять, но они вставились как обычные неанимированные. Поэтому я воспользовался функцией скриншот чтобы показать как добавлением гармоник можно из синусоиды сделать сигнал квадратной формы, Первая гармоника показана на рисунке, 4

There are animated drawings on the Internet that demonstrate this process.

Unfortunately, animated pictures are not inserted in this forum, I have already tried to insert them, but they were inserted as usual non-animated ones. Therefore, I used the screenshot function to show how by adding harmonics it is possible to make a square wave from a sinusoid, The first harmonic is shown in the figure, 4

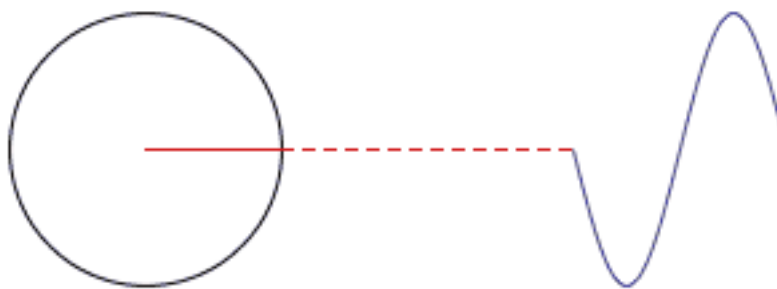


Fig. 4

Чтобы получить сигнал прямоугольной формы необходимо к основной первой гармонике добавить нечетные гармоники соответствующего уровня и фазы. В анимированном рисунке это сделано последовательно. Добавление 3-й гармоники приводит сигнал к следующему виду, рис. 5.

To obtain a square wave signal, it is necessary to add odd harmonics of the corresponding level and phase to the fundamental first harmonic. In the animated drawing, this is done sequentially. Adding the 3rd harmonic leads to the following signal, Fig. 5.

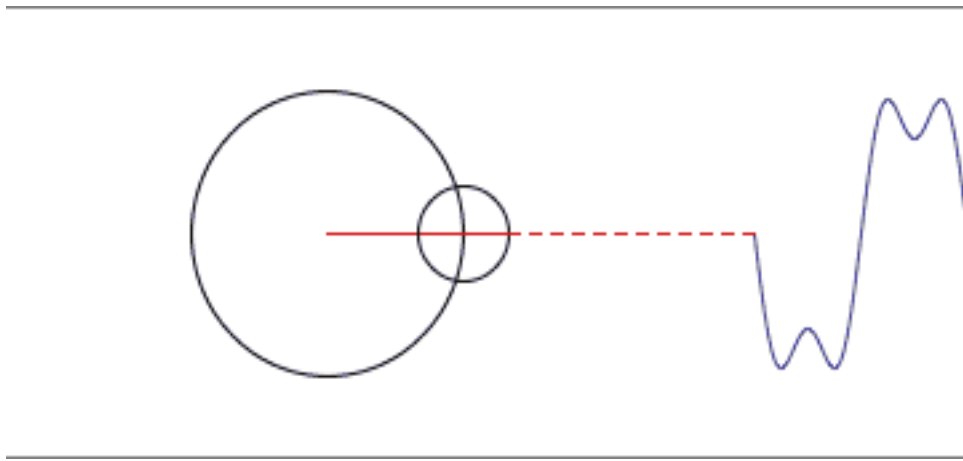
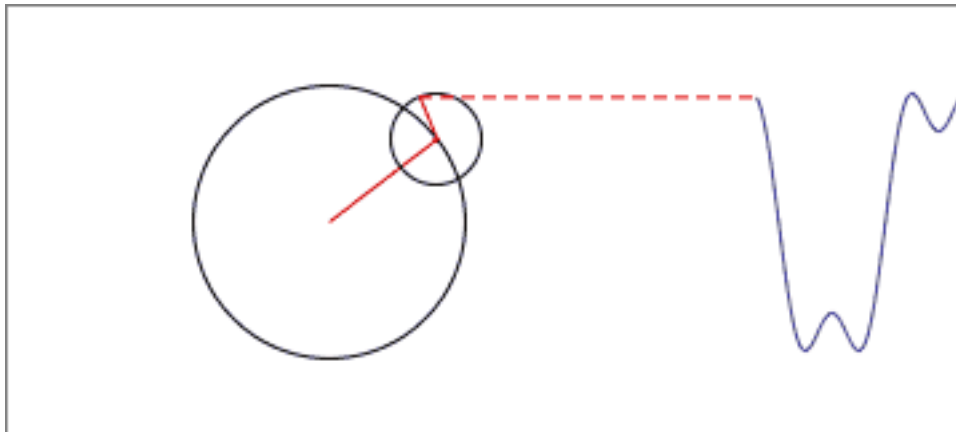
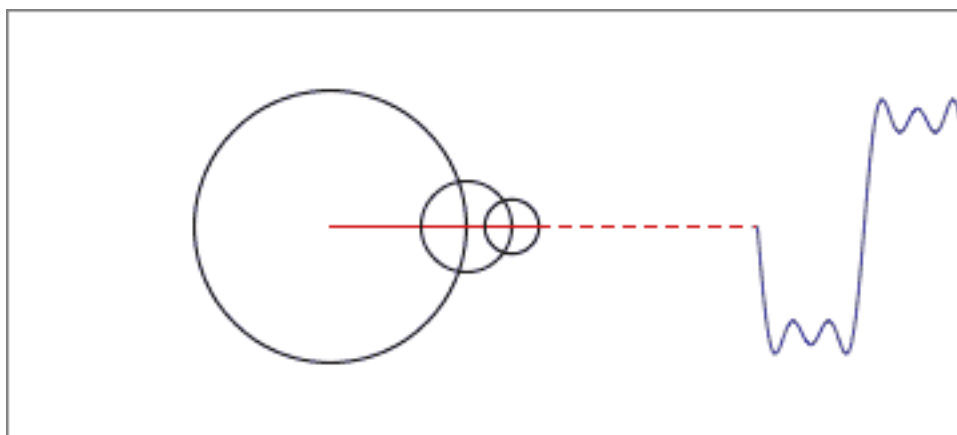


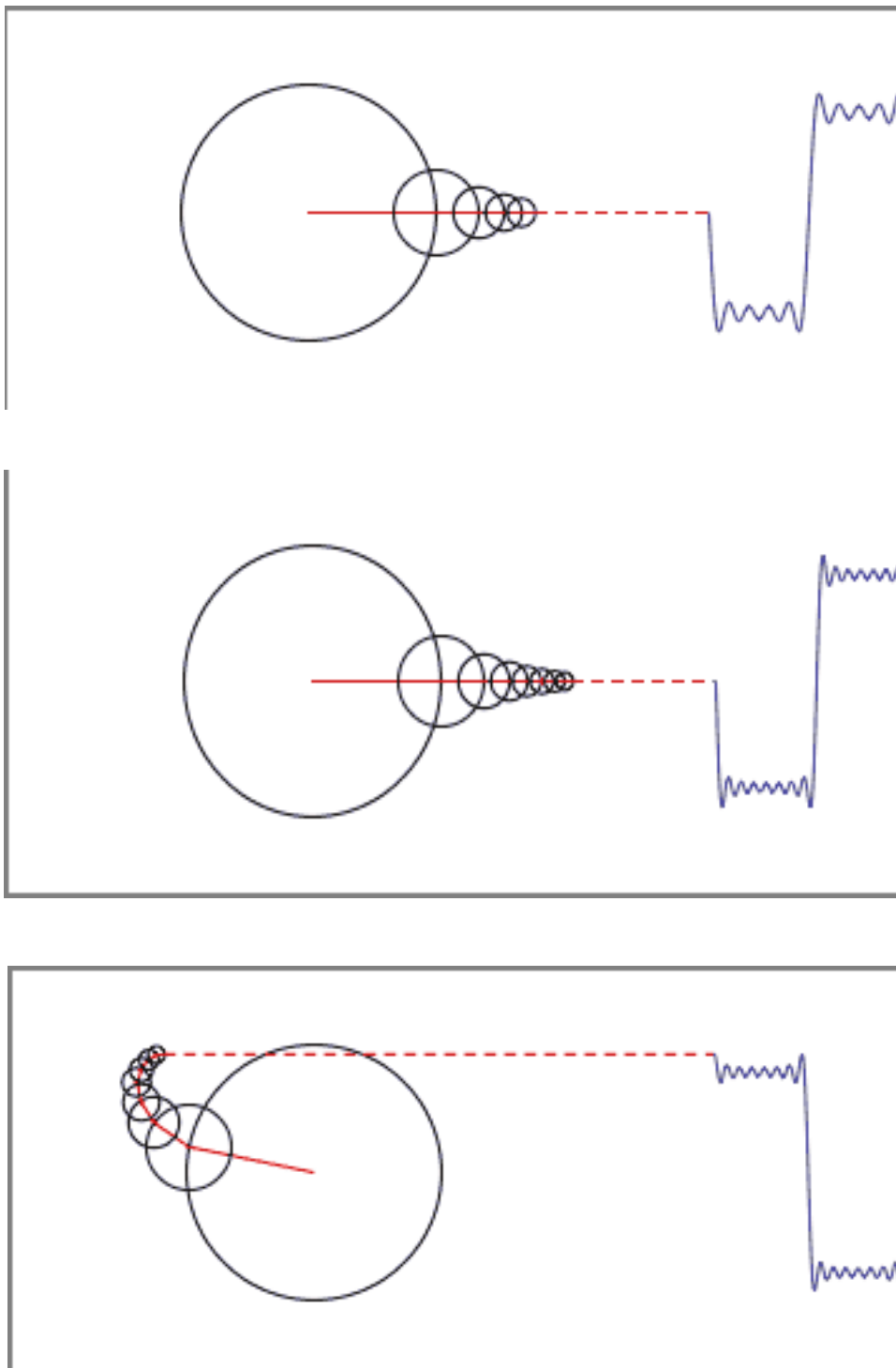
Fig. 5



Далее показаны последовательные добавления 5-й и 7-й гармоники
The following shows the successive additions of the 5th , and 7th, harmonics



Далее показано добавление 9-й гармоники и так далее...
The following shows the addition of the 9th harmonic and so on ...



... и так далее до получения сигнала чистой прямоугольной формы
 ... and so on until a pure rectangular signal is obtained

Реальный музыкальный сигнал не имеет ничего общего с синусоидой. На самом деле это сплошной импульсный сигнал с постоянно меняющимся спектром. Можно измерить только средний спектр, ну это как измерить среднюю температуру больных по больнице с учетом тех кто в морге.

A real music signal has nothing to do with a sine wave. In fact, it is a continuous pulse signal with a constantly changing spectrum. You can measure only the average spectrum, well, this is how to measure the average temperature of patients in a hospital, taking into account those in the morgue.

Для усилителей звуковой частоты очень важно время установления сигнала, т. е. время выхода на установившийся режим. Это время зависит от ГВЗ и его формы в высокочастотной области. Значительные выбросы ГВЗ даже за пределами звукового диапазона приводят к отрицательным последствиям для звука.

For audio amplifiers, the settling time of the signal is very important, that is, the time to reach the steady state. This time depends on the group delay (time Propagation Delay) and its shape in the high-

frequency region. Significant GDT emissions even outside the audio range have negative effects on sound.

До недавнего времени на такой параметр как ГВЗ совершенно не обращали внимание. В основном гнались за снижением уровня THD который измеряется в установившемся режиме когда переходные процессы (не путать с кроссоверными искажениями — искажениями при переходе сигнала через ноль) уже закончились. Способ снижения THD известен из теории NFB — это увеличение глубины NFB. Однако здесь легко наткнуться на определенные трудности в виде снижения устойчивости и ухудшения динамических характеристик. И если эти вопросы решены неграмотно, а лишь получен результат снижения THD в установившемся режиме на активной нагрузке, то разработчиков часто поджидает разочарование.

Until recently, such a parameter as GD was completely ignored. Basically, we were chasing a decrease in the THD level, which is measured in a steady state when the transients (not to be confused with crossover distortion - distortion when the signal crosses zero) have already ended. The way to decrease THD is known from the NFB theory - it is to increase the NFB depth. However, it is easy to stumble upon certain difficulties in the form of a decrease in stability and a deterioration in dynamic characteristics. And if these issues are solved illiterately, but only the result of a decrease in THD in the steady state on an active load is obtained, then the developers are often disappointed.

Подвозбуд может возникать при определенном уровне сигнала на одной из полуволн сигнала или на обоих, а также при определенном импедансе реальной реактивной нагрузки. Причиной «жесткого» звука могут быть и дроссели предназначенные для обеспечения устойчивости. При определенном емкостном характере нагрузки создается последовательный колебательный контур и может возникать «звон» который и придает звуку «жесткость».

An excitation can occur at a certain signal level at one of the signal half-waves or at both, as well as at a certain impedance of a real reactive load. Chokes designed to provide stability can also be the reason for the "hard" sound. With a certain capacitive nature of the load, a sequential oscillatory circuit is created and "ringing" can occur, which gives the sound "rigidity".

В литературе нет четкого определения линейных искажений, сказано лишь что это изменение амплитуды сигнала и его фазы без добавления других спектральных составляющих. Однако это имеет место только в установившемся режиме по окончании переходных процессов. Во время переходных процессов происходят искажения формы сигнала с появлением новых гармонических составляющих. Чем короче время переходных процессов (зависит от ГВЗ), тем менее заметно влияние этих искажений на качество звука.

In the literature, there is no clear definition of linear distortion, it is only said that this is a change in the amplitude of the signal and its phase without adding other spectral components. However, this takes place only in the steady state after the end of transients. During transient processes, distortion of the waveform occurs with the appearance of new harmonic components. The shorter the transient time (depending on the group delay), the less noticeable the effect of these distortions on the sound quality.

В общем случае сигнал можно записать в квазигармоническом виде

In general, the signal can be written in quasi-harmonic form

$$s(t) = A(t) \cos [\omega_0 t + \varphi(t)]$$

Во время переходных процессов можно измерить мгновенную частоту и множество ее гармоник. И только в установившемся режиме имеют место линейные искажения без дополнительных гармонических составляющих.

During transients, the instantaneous frequency and many of its harmonics can be measured. And only in the steady-state mode there are linear distortions without additional harmonic components.

Поэтому еще раз обращаю внимание. Пока мы не станем обращать пристальное внимание на ГВЗ и на его поведение (особенно за звуковым диапазоном сверху) — мы не научимся конструировать усилители звуковой частоты отвечающие чаяниям любителей музыки.

Therefore, I draw your attention once again. Until we begin to pay close attention to the GVZ and its behavior (especially beyond the sound range from above), we will not learn how to design audio amplifiers that meet the aspirations of music lovers.

Best regards
Petr