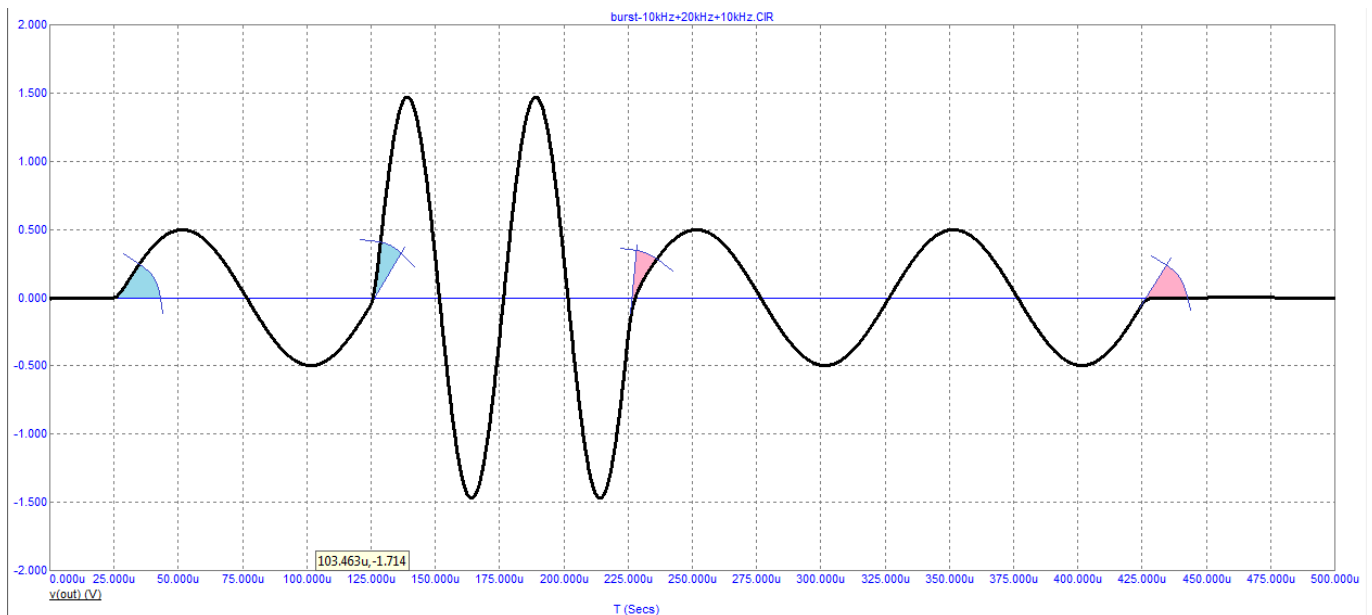


О механизме вращения сигналов

Любое отклонение сигнала от синусоиды постоянной частоты и амплитуды (изменение амплитуды, изменение частоты или и то и другое одновременно) сопровождается его вращением в местах изменений.

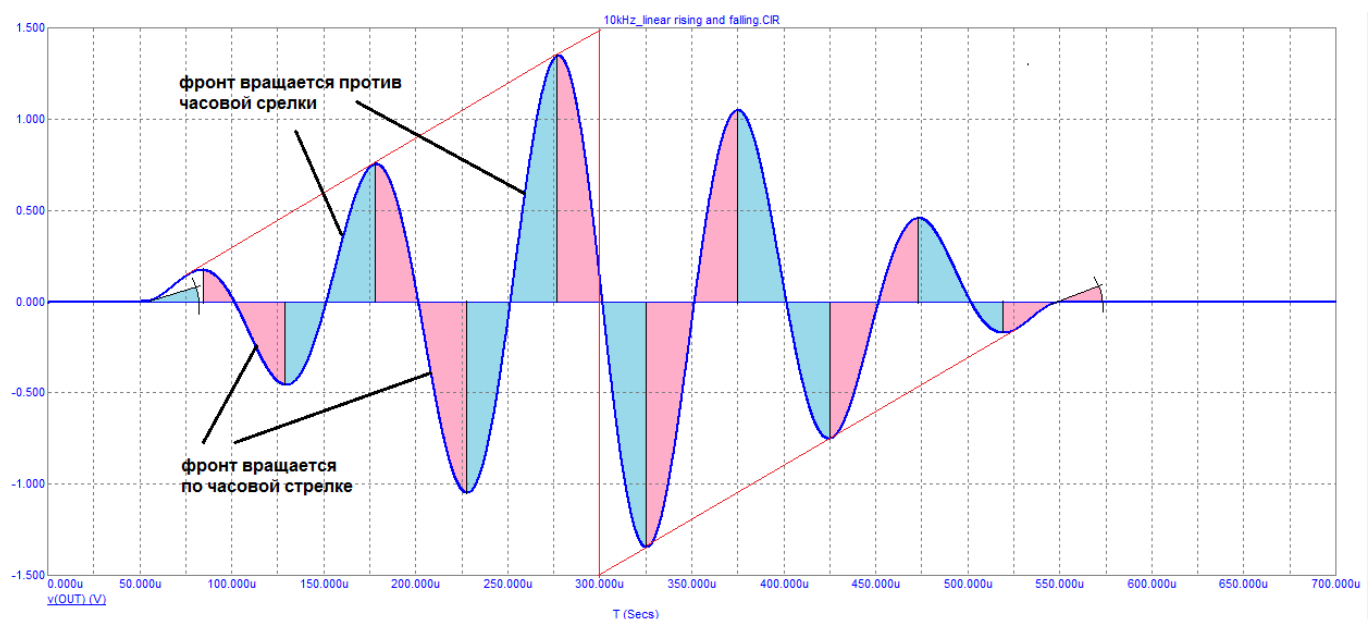
Рассмотрим несколько примеров



В момент включения сигнала происходит поворот сигнала с горизонтальной линии на синусоиду (в данном случае вращение против часовой стрелки). В момент переключения на сигнал в 3 раза большей амплитуды также происходит вращение сигнала против часовой стрелки. Далее показано вращение сигнала по часовой стрелке при снижении амплитуды сигнала. Вращение сигнала по часовой стрелке имеет место и по окончании сигнала. При переключениях на спадающем фронте сигнала вращения будут в противоположном направлении.

Среди форм синусоидальных сигналов есть понятие затухающая синусоида — синусоида имеющая спадающий характер амплитуды с некоторого значения до нуля. В амплитудно модулированных сигналах также можно видеть участки синусоид с нарастанием и спадом амплитуды.

В амплитудно модулированных сигналах вращение сигнала происходит от начала до его конца. Вот пример линейно нарастающего/спадающего сигнала частотой 10 кГц.



В таком сигнале скорость вращения фронтов сигнала постоянна (не зависит от амплитуды)

сигнала). В этом случае именно на малых сигналах имеют место наибольшие искажения скорости вращения (это то, что отвечает за микродинамику в звуковых сигналах).

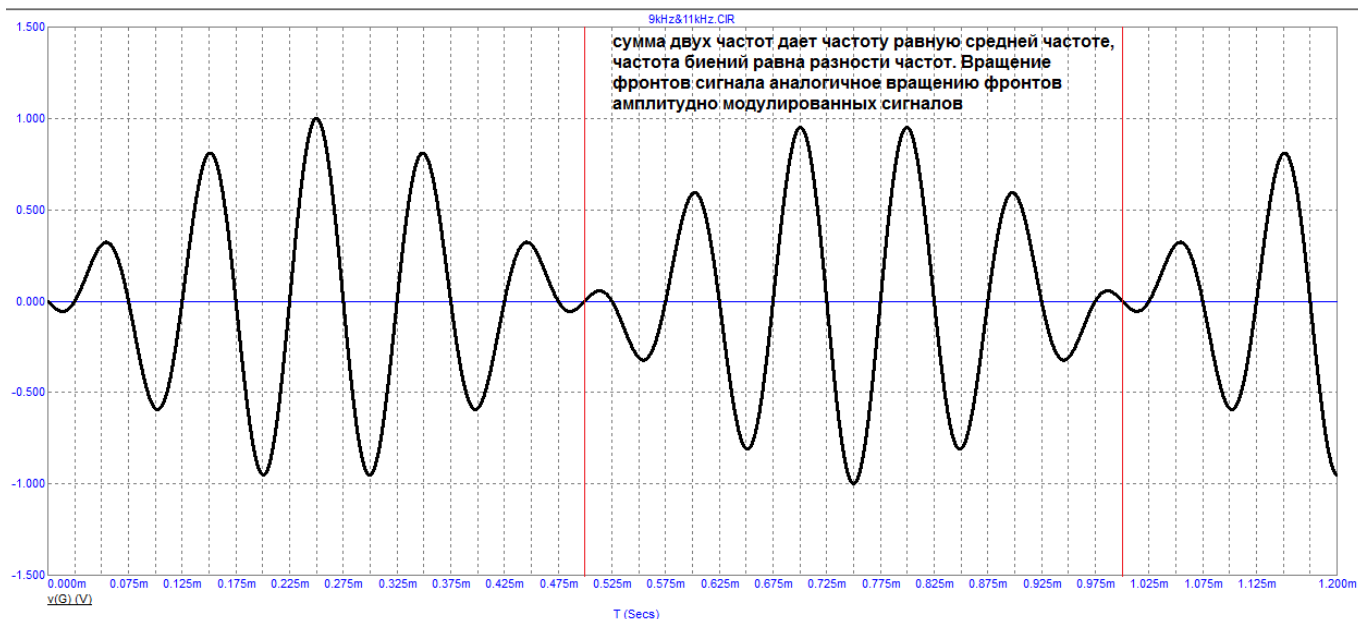
Примечание. Термин «фронт сигнала» заимствован из импульсных сигналов.

Для лучшего понимания механизма вращения фронтов сигнала добавим синусоидальный сигнал как опорный амплитудой равной предыдущей полуволне. Как видим нарастание/спад амплитуд синусоид сигнала по отношению к предыдущему уровню сопровождается вращением фронтов. Именно благодаря вращению фронтов и меняется амплитуда синусоид.



Простейший тестовый сигнал с вращающимися фронтами можно получить простым сложением двух сигналов.

Из теории колебаний известно, если в системе происходит сложение двух колебаний с близкими частотами f_1 и f_2 , то возникает режим биений, эти биения воспринимаются на слух как пульсации громкости тона со средней частотой $1/2(f_1 + f_2)$ и медленно меняющейся амплитудой с частотой $(f_1 - f_2)$. Чем выше частота биений, тем выше скорость вращения фронтов сигнала.



Пример тестового сигнала из двух частот 9 и 11 кГц. Средняя частота 10 кГц, а частота биений равна 2 кГц. В отличие от бурсов (пачек синусоид), которые содержат спектр высших гармоник в спектре этого сигнала всего 2 гармоники (две палки).

Вращение фронтов сигнала аналогичное предыдущему примеру, причем максимальная скорость вращения фронтов сигнала будет при малых амплитудах сигнала.

Следует отметить что в звуковых сигналах вращение сигнала — непрерывный процесс. А так как одновременно могут быть сигналы далеко разнесенные по частоте (частота биений может быть высокой), то реальная скорость вращения может быть гораздо выше чем в тестовых сигналах. Для FFT это чистые сигналы и только компенсационный метод измерения продуктов искажений позволяет выявить искажения во временной области — искажения связанные со скоростью вращения сигналов (SID – Slew-rate induced distortion).

В последних примерах нарастание амплитуд сигнала напоминают атаку звуковых сигналов, а затухание — соответственно спад. Например 1/3 октавный бурст низкой частоты применяют для имитации удара барабана.

Например, в 1/3 октавных бурстах скорость вращения будет максимальна в начале и конце бурста, а в середине, где скорость нарастания/спада амплитуд синусоид минимальна — минимальна и скорость вращения фронтов.