

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.

Для начала возьмем одну синусоиду частотой 10 кГц и амплитудой 30 В(пик), рис. 1

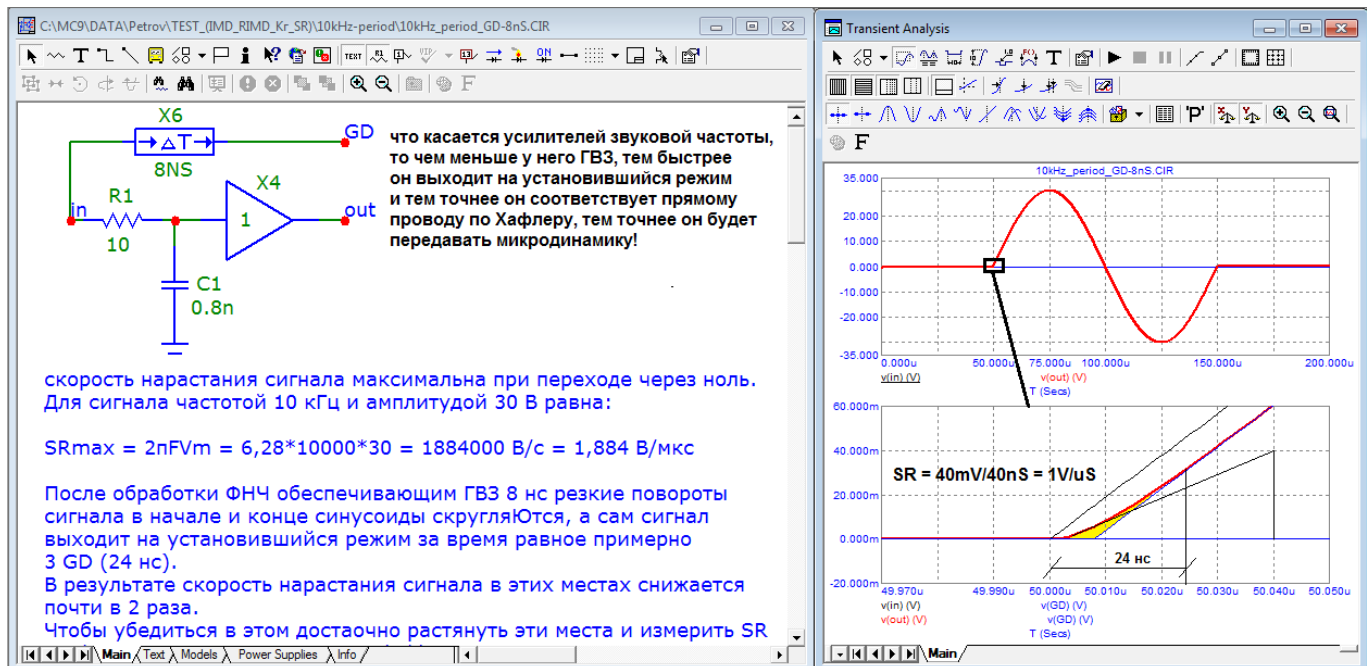


Рис. 1. Выход на установившийся режим

В момент включения синусоиды происходит поворот сигнала с горизонтального участка на синусоиду. При положительной первой полуволне вращение сигнала происходит против часовой стрелки. Сигнал без обработки фильтром в начальный момент имеет мгновенную скорость вращения. Однако уже при обработке ФНЧ с постоянной времени $\tau = RC = 10 \text{ Ом} * 0,8 \text{ нФ} = 8 \text{ нс}$ время поворота до выхода на установившийся режим составляет примерно $3\tau \sim 24 \text{ нс}$. Следует отметить что именно такое ГВЗ требуется от усилителя звуковой частоты по критерию Хафлера SWDT чтобы он соответствовал прямому проводу. Желтым цветом выделена погрешность, которая вносится в сигнал даже при обработке ФНЧ с высокой частотой среза равной

$$f = 1/2\pi\tau = 1/2\pi RC \sim 20 \text{ МГц}$$

На следующих рисунках представлены тестовые сигналы после обработки ФНЧ с частотой среза 100 кГц (в 200 раз ниже). Постоянная времени такого фильтра равна 1,6 мкс (в 200 раз больше). Такой фильтр применяется для обработки тестовых сигналов DIM-100.

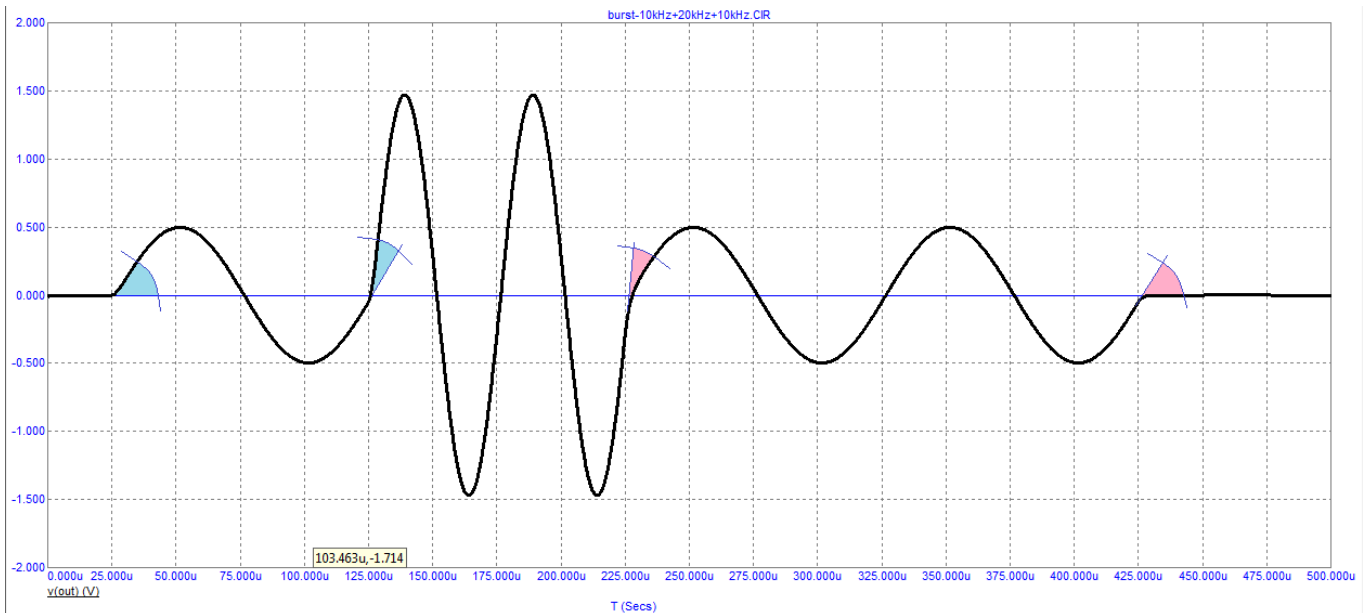


Рис. 2. Тестовый сигнал с переключением синусоиды 10 кГц на синусоиду 20 кГц в три раза большей амплитуды и обратно на исходный сигнал.

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 заднем склоне 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, рис. 3.

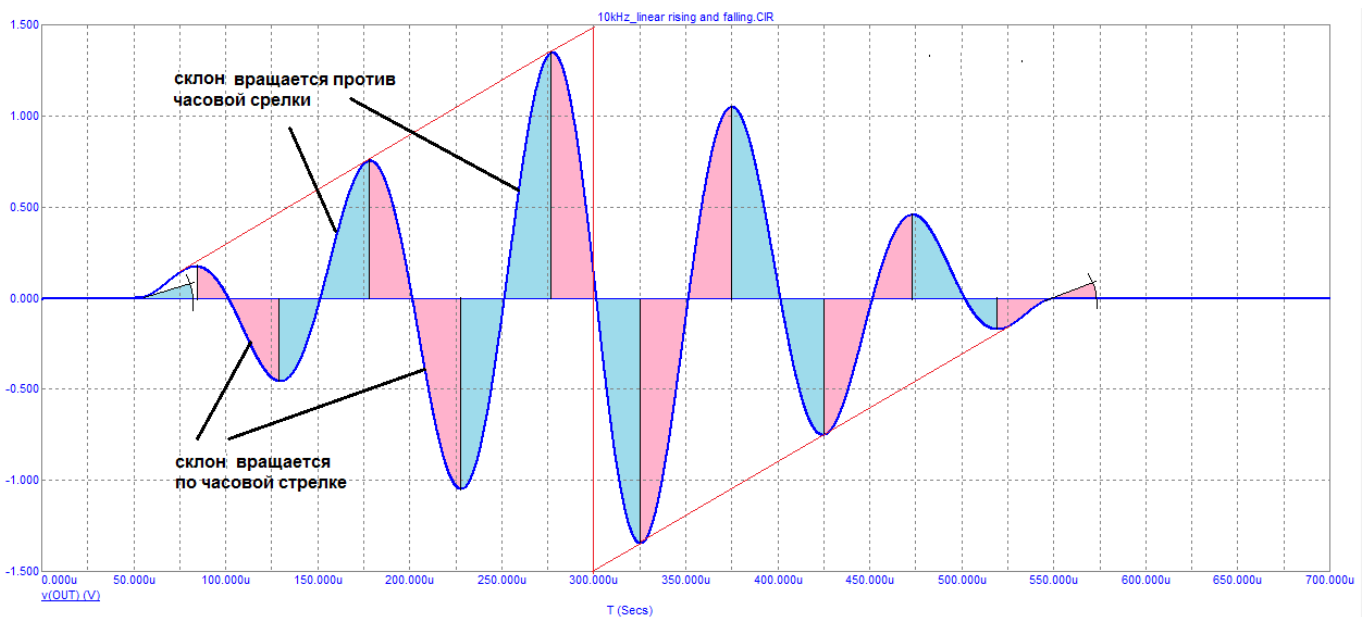


Рис. 3

В таком сигнале скорость вращения склонов 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).

Для лучшего понимания механизма вращения склонов сигнала наложим синусоидальный сигнал (красная) постоянной амплитуды, рис. 4.

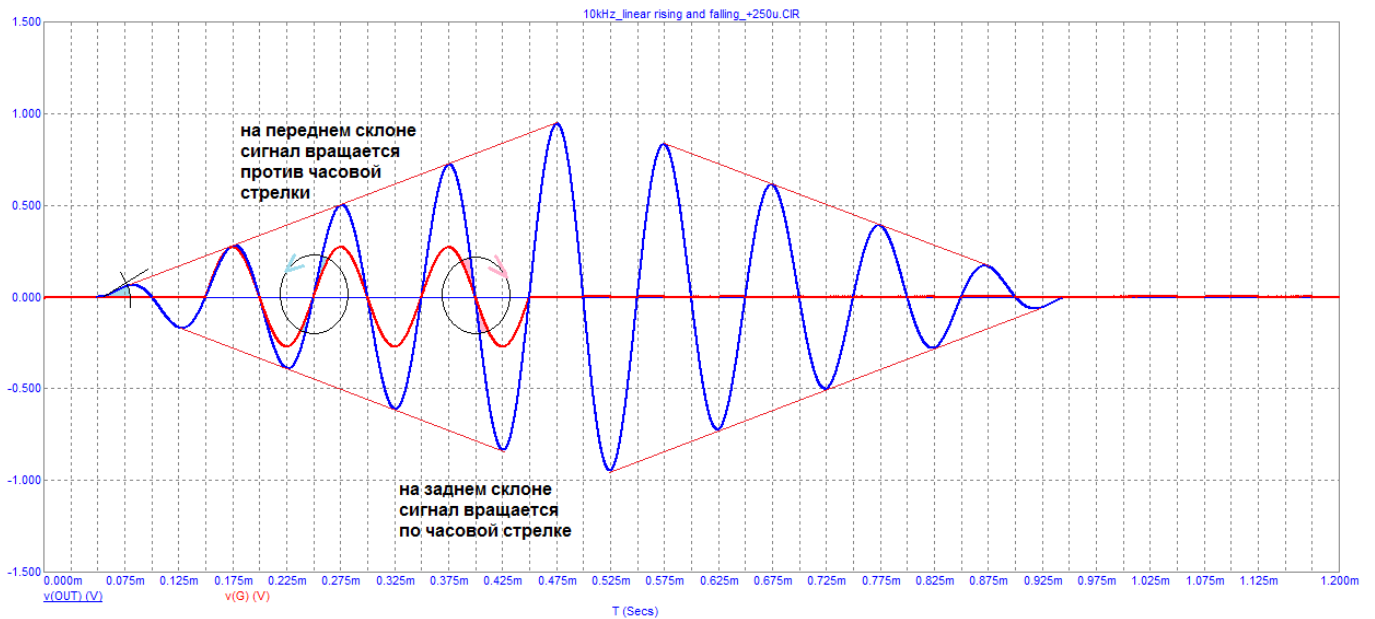


Рис. 4

Как видим нарастание/спад амплитуд синусоид сигнала по отношению к предыдущему уровню сопровождается вращением склонов. Чем быстрее скорость нарастания амплитуды сигнала в атаке (чем короче атака) — тем выше скорость вращения фронтов сигнала.

Что понимать под искажениями во временной области?

Это не что иное как искажения формы сигнала, в первую очередь это искажения SID (Slewing Induced Distortion) связанные со скоростью поворота склонов (фронтов) сигнала (это эффекты, которые, как правило, возникают только во время изменения формы волны сигналов проходящих через аудиоусилители и которые приводят к слышимому ухудшению качества звука в музыке, даже когда тесты на гармонические искажения с фиксированной частотой показывают низкие уровни искажений для простого синусоидального тестового сигнала).

Чем больше ГВЗ усилителя (со входа до нагрузки) — тем ниже скоростные характеристики отвечающие за точность усиления сигналов в местах его вращения, тем хуже усилитель будет передавать нюансы звукового материала (микродинамику).

На рисунке 5 представлен тест наглядно демонстрирующий механизм возникновения SID искажений связанных с ГВЗ тракта в целом. Надеюсь понятно что идеальный усилитель имеет скорость нарастания теоретически бесконечность, тем не менее независимо от этого в выходном сигнале возникают искажения связанные с вращением фронтов сигнала из-за высокого значения ГВЗ тракта в целом. Это к тому что не следует увлекаться величиной индуктивности на выходе усилителя (достаточно минимальной обеспечивающей устойчивость работы на реактивной нагрузке).

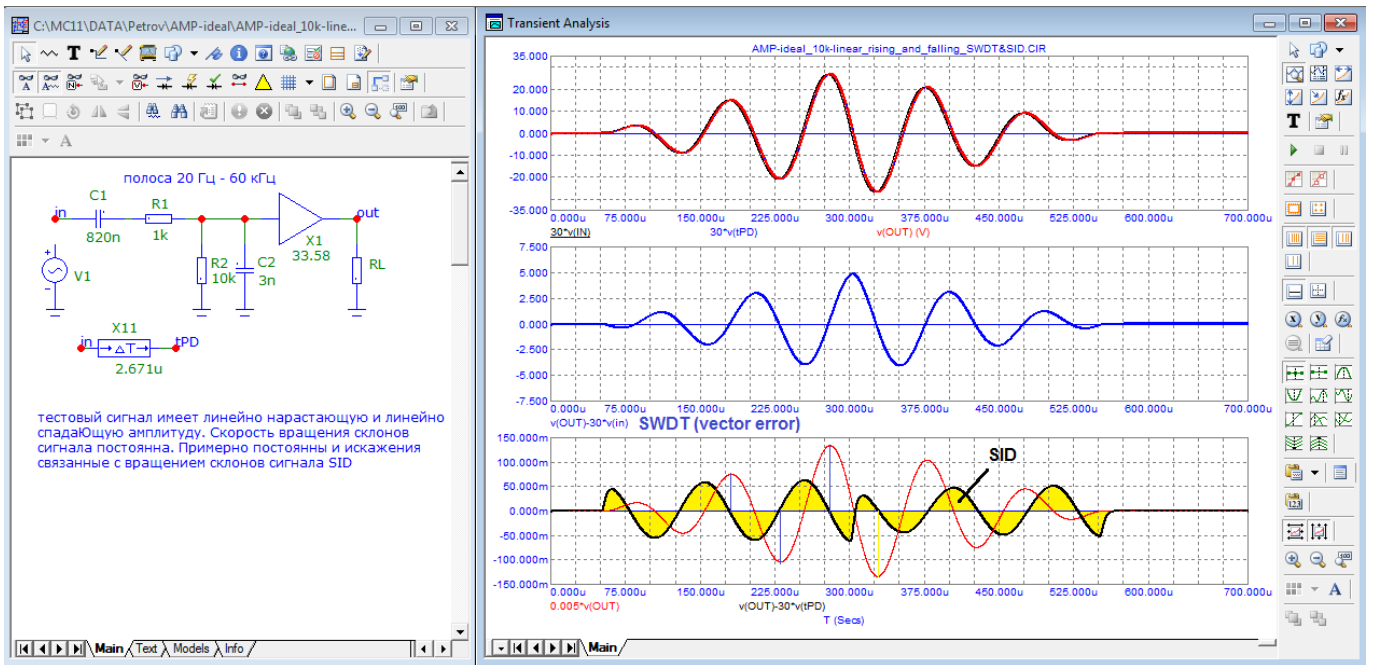


Рис. 5. Компенсационный тест сигнала частотой 10 кГц с линейно нарастающей и линейно спадающей амплитудой.

На рисунке четко видно что SID-искажения возникают напротив фронтов сигналов, для наглядности опущены перпендикуляры.

Александр Петров
9.09.2024