

## О важности фазовой когерентности

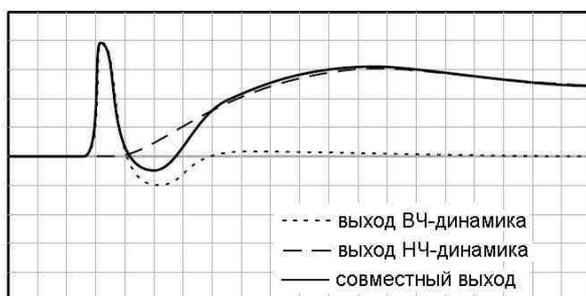
Компания Thiel Audio использует торговую марку Coherent Source (CS) для описания технических особенностей временной и фазовой когерентности, которые придают изделиям Thiel Audio необыкновенную способность точно воспроизводить музыкальные формы колебаний.

Обычно, фазовые сдвиги вносят спады АЧХ разделительных фильтров, которые изменяют форму музыкальных сигналов и приводят к потере пространственной и нестационарной информации. Разделительный фильтр Линквитца-Райли 4-го порядка иногда представляют как фазово корректный. На самом деле это означает, что два динамика, работающие по обе стороны от частоты разделения, находятся в фазе. Однако в области частоты разделения и динамик, и его выход *находятся не в фазе* с входным сигналом, и происходит полный поворот на  $360^\circ$  на каждой частоте разделения.

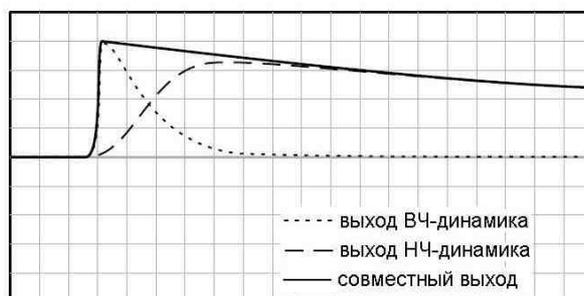
В 1978 год Джим Тиль внедрил системы разделительных фильтров 1-го порядка (спад 6 дБ/октаву частоты по звуковому давлению) во все свои акустические системы, выпускаемые под торговой маркой CS. Система первого порядка является единственной разновидностью, которая может достичь превосходной фазовой когерентности, равномерности АЧХ и энергии, без размытости по времени.

Система первого порядка достигает замечательных (в принципе) результатов, сохраняя фазовый сдвиг каждого спада АЧХ менее  $90^\circ$ , чтобы он мог быть скомпенсирован динамиком, который имеет идентичный фазовый сдвиг в противоположном направлении. (Фазовые сдвиги более  $90^\circ$  нельзя скомпенсировать.) Фазовый сдвиг остается небольшим благодаря очень медленным (6 дБ/октаву) спадам АЧХ, которые порождают отставание по фазе в  $45^\circ$  для НЧ-динамика и опережение по фазе в  $45^\circ$  для ВЧ-динамика на частоте разделения. Поскольку фазовый сдвиг каждого динамика много меньше, чем  $90^\circ$ , и равен и противоположен по знаку, их выходы складываются и производят выходной сигнал системы, который не имеет фазового сдвига и обладает превосходной импульсной характеристикой.

На графиках показано, как выходные сигналы каждого динамика в двухканальной акустической системе сочетаются для воспроизведения реакции системы на скачкообразный входной сигнал. Левый график показывает работу скорректированной по времени системы с разделительным фильтром 4-го порядка: два динамика начинают работать одновременно и выдают сигнал одинаковой полярности, но поскольку фильтр высокого порядка с крутым спадом порождает большой фазовый сдвиг, выходной сигнал ВЧ-динамика заканчивается слишком быстро, а НЧ-динамика возрастает слишком медленно. В результате два выходных сигнала не суммируются для воссоздания скачкообразного сигнала, и сильно изменяют форму волны. Правый график показывает реакцию системы 1-го порядка, где два динамика в сумме воссоздают почти идеальную форму волны (с естественным дифференцированием плоской вершины).



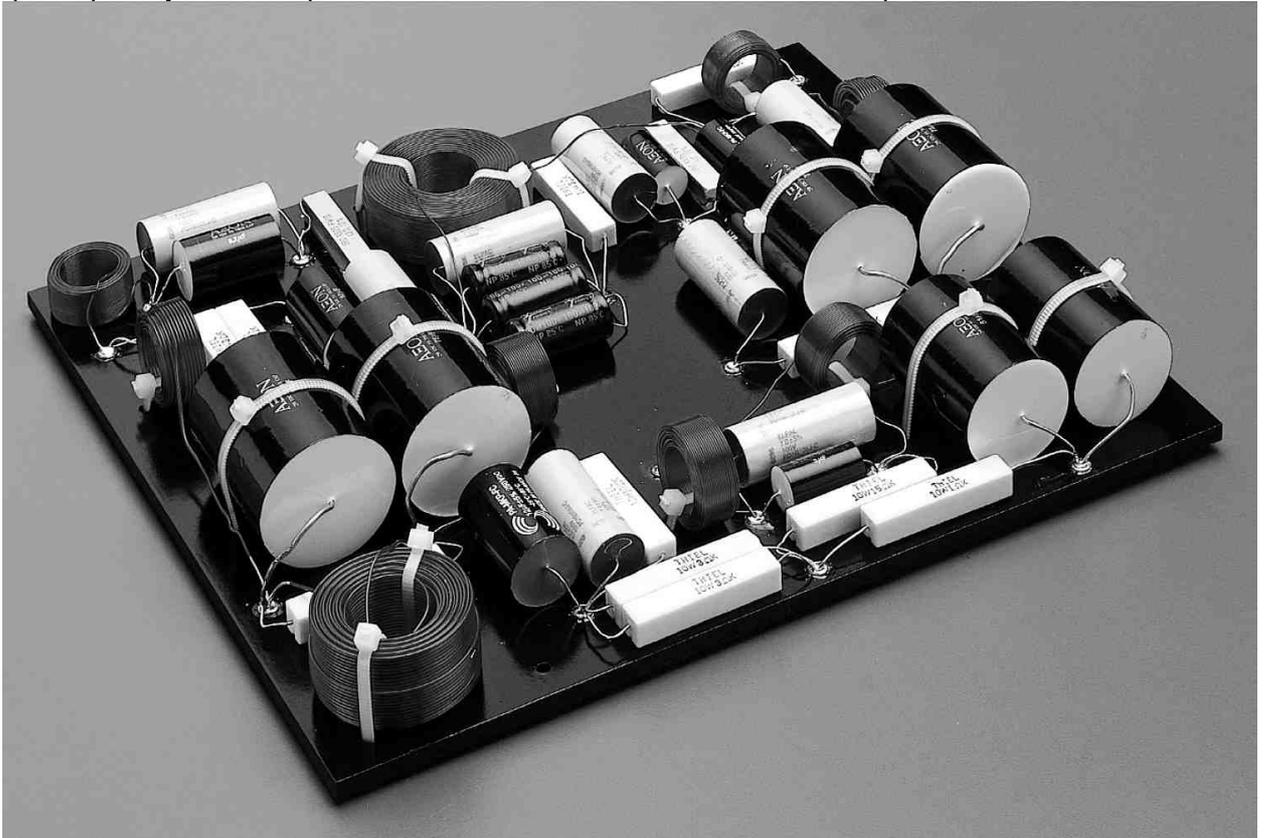
Реакция на скачок АС с разделительным фильтром 4-го порядка



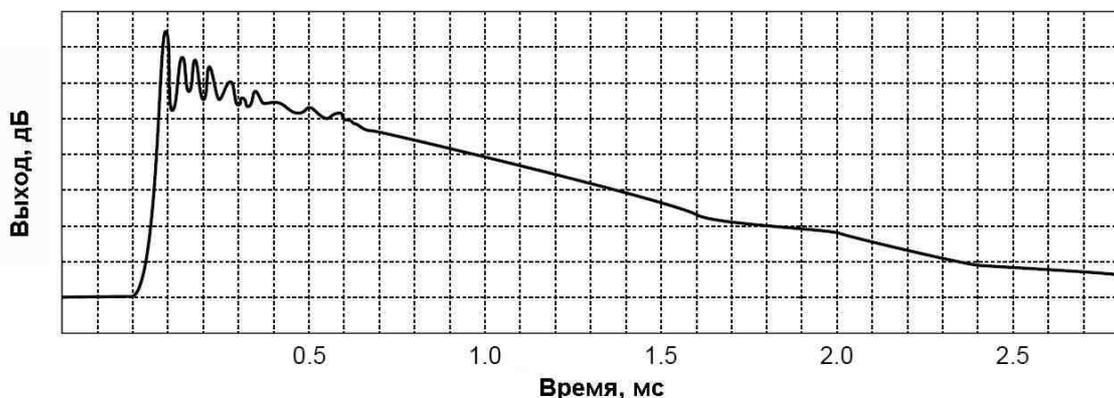
Реакция на скачок АС с разделительным фильтром 1-го порядка

На практике, правильное воплощение системы первого порядка требует динамиков очень высокого качества с широкой полосой пропускания. Неравномерности импеданса и АЧХ динамиков должны быть скомпенсированы в широком диапазоне частот. Эта задача

является сложной из-за необходимости, чтобы акустические выходные сигналы динамиков спадали со скоростью 6 дБ/октаву, и не простой, чтобы сигналы самих фильтров спадали со скоростью 6 дБ/октаву. Например, если типичный ВЧ-динамик с НЧ-спадом 12 дБ/октаву сочетается со схемой фильтра 6 дБ/октаву, результирующий акустический выход будет иметь спад 18 дБ/октаву. Таким образом, в реальной акустической системе (например, CS6 – см. рисунок), необходимый разделительный фильтр получается гораздо более сложным, чем можно было представить.



Результатом фазовой когерентности (в сочетании с временной когерентностью) является то, что все формы звуковых колебаний воспроизводятся без существенных изменений. Воспроизведение акустической системой скачкообразного сигнала подтверждает этот факт, поскольку, подобно музыкальным сигналам, скачкообразный сигнал состоит из множества частот, которые имеют определенные амплитудные и фазовые соотношения. Чтобы точно воспроизвести скачкообразный сигнал, и фазовая, и амплитудно-частотная и временная характеристики должны быть точными *одновременно*. Поэтому этот тестовый сигнал, как правило, не используется для оценки акустических систем, т.к. большинство из них искажают его до неузнаваемости, в отличие от громкоговорителей Thiel Audio (см. график для CS6).



(Колебательность на протяжении первых 200 мкс обусловлена резонансом ВЧ-динамика на частоте 23 кГц.)

Ниже, для сравнения, представлены фазовые характеристики акустических систем CS6 и B&W Silver Sign, оснащенной разделительным фильтром 4-го порядка.

