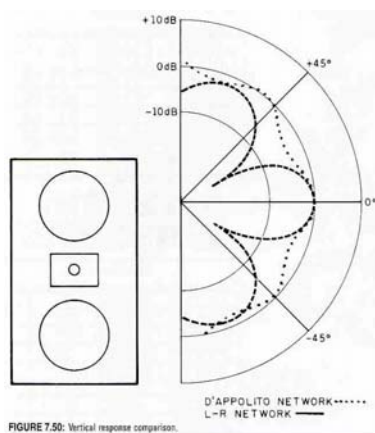


- АС, построенная по принципу **Dr. Joseph D'Appolito** предусматривает использование фильтра 3-го порядка. Работа называлась A Geometric Approach to Eliminating Lobing Error in Multiway Loudspeakers. Почему именно 3-го становится абсолютно понятно при симуляции в lspCAD'e: configuration is recognized by loudspeakers which have two midrange or woofer drivers arranged vertically above and below the tweeter[2] and implements the 3rd order (18dB/octave) crossover allowing the drivers to have similar horizontal dispersion, resulting in absence of any sudden change in directivity with frequency. Стоит симулировать чтобы понять почему третьего...

Если же использовать фильтр 4-го порядка то это уже не будет полноценная ДАпполито... А вообще у динамических головок в конце рабочего диапазона происходит спад АЧХ, возможно в него и попадешь и будет у тебя не 4-й порядок, а 5-й.

- Vance Dickason (автор книги "Loudspeaker Design Cookbook") сравнивал звучание двух колонок с одинаковым WTW(MTM) расположением одинаковых динамиков с 2-х полосной фильтрацией и с фильтрацией в 2,5-полосы. Он пришёл к выводу, что несмотря на то, что с 2,5 полосным фильтром при отклонении от оси пищалки на 15 и 30 градусов по вертикали АЧХ получается намного ровнее, колонка WTW с 2-х полосным фильтром всё равно звучит лучше (большая глубина сцены) за счёт симметричности излучения в вертикальной плоскости. Кроме того: WTW(M-T-M) обычно может играть вдвое громче чем WT(MT) с теми же динамиками. И, во-вторых, у D'Appolito поуже вертикальная диаграмма направленности на более низких частотах в полосе работы мидбасовиков и, соответственно, меньше отражений от пола и потолка.

- Dickason, в частности, пишет в своей книге, что при использовании фильтров Батерворта третьего порядка для конфигурации динамиков MTM получается относительно гладкая вертикальная диаграмма направленности. Это в отличие от фильтров чётных порядков, которые дают ярко выраженные лепестки. Кроме того, фильтры 3-го порядка демонстрируют низкую чувствительность к относительному смещению акустических центров динамиков. Гладкая АЧХ в этом случае достигается простым разнесением частот среза фильтров. Размещение динамиков по вертикали как и везде: чем ближе тем лучше. По глубине, к примеру, смещение на 2" компенсируется разнесением частот раздела с коэффициентом 1,2. Только я не понял то ли обе частоты нужно двигать то ли одну. В примере, при задержке между динамиками в 147 мкс, частоты фильтров выбраны 833Гц и 1200Гц. Во вложении картинка из книжки: вертикальные диаграммы направленности для разных фильтров.



- Далее он пишет, что изначально, идея (использования фильтров третьего порядка) была устранить т.н. "lobing error" т.е. неравномерную диаграмму направленности, которая обычно имеет место быть при использовании фильтров чётных порядков если динамики расположены со смещением по глубине. Затем мистер Dickason пишет, что в связи с тем, что эта данная неравномерная диаграмма направленности не "напрягает" при прослушивании, то в более поздних реализациях конструкции D'Appolito использовались фильтры с акустическими спадами соответствующими фильтрам Линквитца-Райли 4-го порядка (ссылка на J. D'Appolito, letter reply to "Going Off the Deep End," Speaker Builder, 3/90, p. 90.). Далее он пишет, что использование фильтров более высоких порядков имеет свои преимущества, а симметричное расположение динамиков обеспечивает направленность по оси пищалки. В этом случае горизонтальное смещение динамиков уже не принципиально и может быть скомпенсировано выбором частот среза фильтров. Однако совмещение акустических центров динамиков может обеспечить (более) предсказуемую диаграмму направленности и облегчить получение плоской АЧХ. Основное достоинство конфигурации MTM - это контроль, который конструктор получает над вертикальной диаграммой направленности (это был перевод, прошу не кидаться гнилыми помидорами)...

- По поводу почему именно 3-й порядок фильтра, и вправду, как-то мало говорится... СЧ динамики в такой АС излучают синфазно, и как следствие, под определенными углами в вертикальной плоскости разность хода до разных СЧ динов оказывается такой, что их звуковые волны "взаимоуничтожаются" - получаем известный узкий лепесток диаграммы направленности. Можно это описать и так: на ВЧ работает пищалка (СЧ дины - только "немного"), и под каким углом ни смотри - пищалка излучает (грубо говоря) во

все стороны одинаково. Ниже частоты раздела работают, в основном, два СЧ динамика. И под определенным углом к оси (отклонение вверх или вниз) суммарное излучение СЧ динамиков "обнуляется", остается только пищалка, которая на этих частотах ещё излучает, хоть и несколько ослаблена фильтром. Таким образом, ДН сужается, причем ниже раздела - сильнее, чем выше.

У "классической" системы Д'Апполито есть две существенные характеристики:

- 1) расстояние между СЧ - $2/3$ длины волны частоты раздела;
- 2) фаза между СЧ и ВЧ каналами сдвинута на 90 градусов около частоты раздела.

Отсюда, кстати и следуют фильтры нечетного порядка.

Но не просто фильтры первого-третьего порядка, а с добротностью подобранной в соответствии с фазовым условием о 90 градусах. Именно второе условие и обеспечивает минимальность неравномерности звукового давления в пределах ДН. Разность хода в 90 градусов означает, что даже если один из источников сигнала полностью "исчезнет", звуковое давление упадет в минимальной степени - на 3 дБ на разделе. А из первого условия следует выбор частоты раздела. При таком расстоянии между СЧ ($2/3$ длины волны раздела), "взаимоуничтожение" волн на частоте раздела произойдет под углом отклонения от оси градусов в 50. Но при этом остается пищалка!! которая сама по себе создает давление только на 3 дБ меньше максимального суммарного (на оси). Именно за счет этого и реализуется основное преимущество "классического" ДАпполито - широкая вертикальная диаграмма направленности, более 90 градусов в вертикальной плоскости по уровню - 3 дБ.

Понятно, что со снижением частоты, на том-же угле уже не будет "взаимоуничтожения", а будет только "взаимоослабление". Причем нетрудно заметить, что чем ниже по частоте (относительно раздела) излучает пищалка - тем дальше вниз по частоте она поддержит СЧ.

Именно поэтому 3-й порядок и является основным. С фильтрами 1-го порядка (отличная ДН) пищалка просто перегружается, а фильтры 5-го порядка обеспечивают чрезмерное затухание пищалки ниже раздела; уже на частотах только немного ниже раздела (где СЧ "взаимоослаблены" еще сильно), пищалка не может достаточно "поддержать" СЧ динамики.

Ну и пара следствий из нарушения правил. Если увеличить расстояние между динамиками - "угол совместной работы" СЧ динамиков быстро уменьшится. Скажем, при расстоянии в длину волны, угол "взаимоуничтожения" СЧ всего 30 градусов, а при $1,5$ длины волны - только 20 градусов. Причем сужение ДН начинается ниже по частоте, где его уже не спасет никакая пищалка. И применение Д'Апполито в классическом понимании теряет практический смысл. Остается, по сути, просто дизайнерское решение, а порядок фильтров при увеличенном расстоянии между динамиками перестает играть сколько-нибудь существенную роль. ДАпполито с "оригинальными" фильтрами уже мало что выигрывают в сравнении с обычными МТМ системами со стандартными фазокогерентными LR-фильтрами, и заметно проигрывают идеальным МТ системам (один СЧ, один ВЧ) по диаграмме направленности.

Но есть одно обстоятельство, которое всё же позволяет рекомендовать МТМ-систему, как имеющую преимущества относительно обычных пар СЧ/ВЧ, особенно при не очень крутых фильтрах с относительно широкой зоной совместной работы СЧ и ВЧ.

В реальной системе СЧ и ВЧ динамики (даже при фазокогерентных фильтрах) никогда не являются строго синфазными, а значит. их диаграмма направленности определяется не только геометрией, но и ФЧХ динамиков. Как следствие, главный лепесток ДН у систем с одним СЧ динамом может загибаться как вниз так и вверх. В соответствии с направлением вдоль которого волны оказываются синфазны.

В то-же время любое МТМ (то, что обычно понимают под "ДАпполито"), просто в силу наличия плоскости симметрии, всегда имеет ДН симметричную относительно горизонтальной (при вертикальном баффле) плоскости ВЧ динамика - плоскости слушателя. И если СЧ и ВЧ более менее сведены по оси, можно быть относительно уверенным, что немного выше/ниже плоскости слушателя никаких аномалий ДН из-за ФЧХ фильтров/динов ДН (например резкого провала на АЧХ) не будет. Потому может оказаться, что более узкая диаграмма направленности у МТМ (по сравнению с МТ) у систем с относительно близкими СЧ, не так уж и страшна, в том смысле, что если ВЧ от пищалки достигают слушателя, то он почти гарантировано попадет в главный лепесток ДН на разделе. Еще одна особенность МТМ состоит в том, что узкая ДН означает, что меньше акустической энергии излучается в окружающее пространство, и отражается от стен. То есть "диффузное поле отражений" оказывается ослабленным на частотах СЧ/ВЧ раздела.

...Допустим, расстояние между центрами мидов 28 см, тогда соотв. длина волны частоты раздела - $28 \times 1,5 = 42$ см, получим 817 Гц. При подборе номиналов фильтра для НЧ дина берем частоту $817/1,2 = 680$ Гц, для ВЧ - $817 \times 1,2 = 980$ Гц. Ну и где теперь такой пищик брать?..