

Частотная коррекция (конкурс)

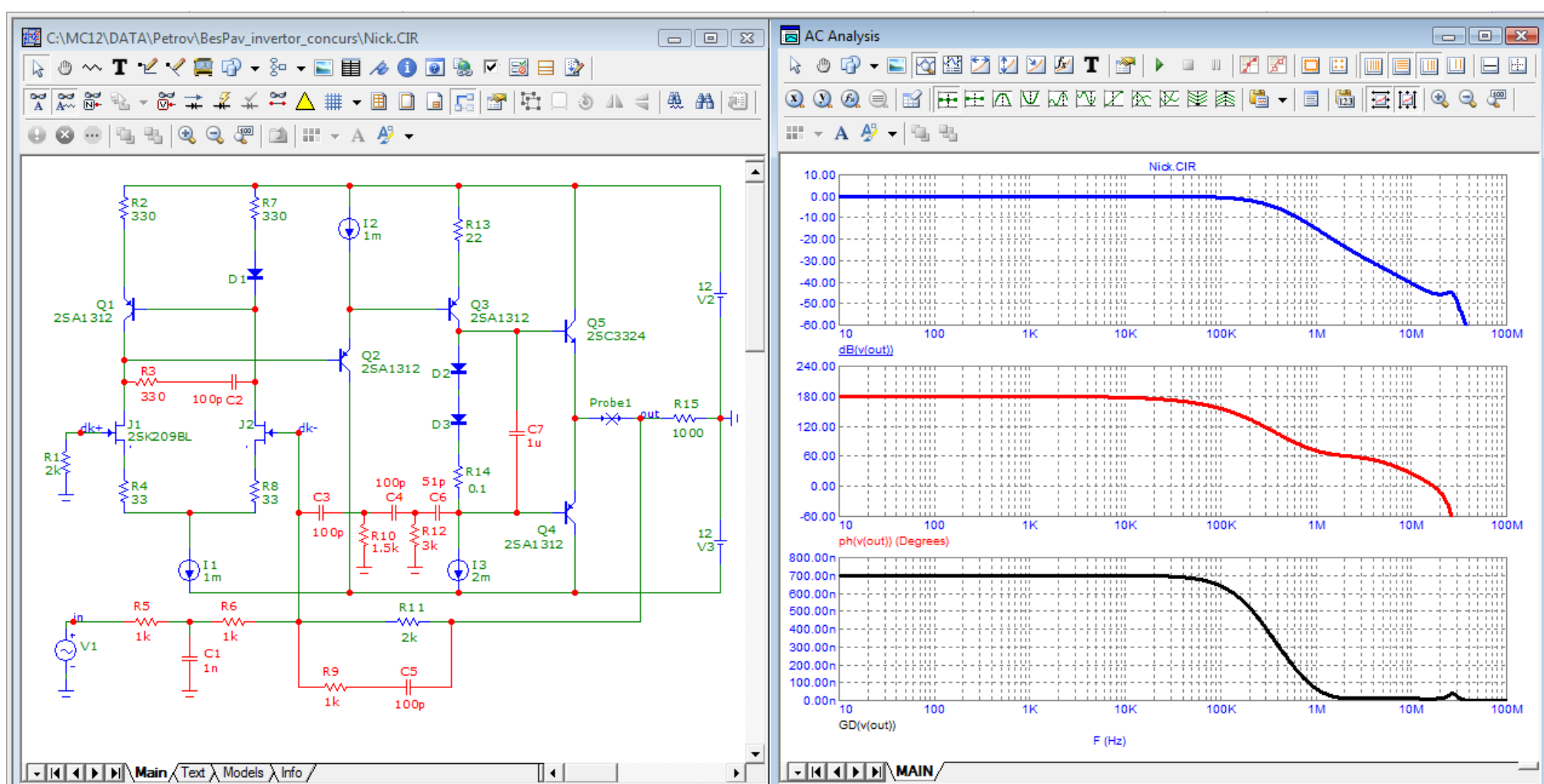
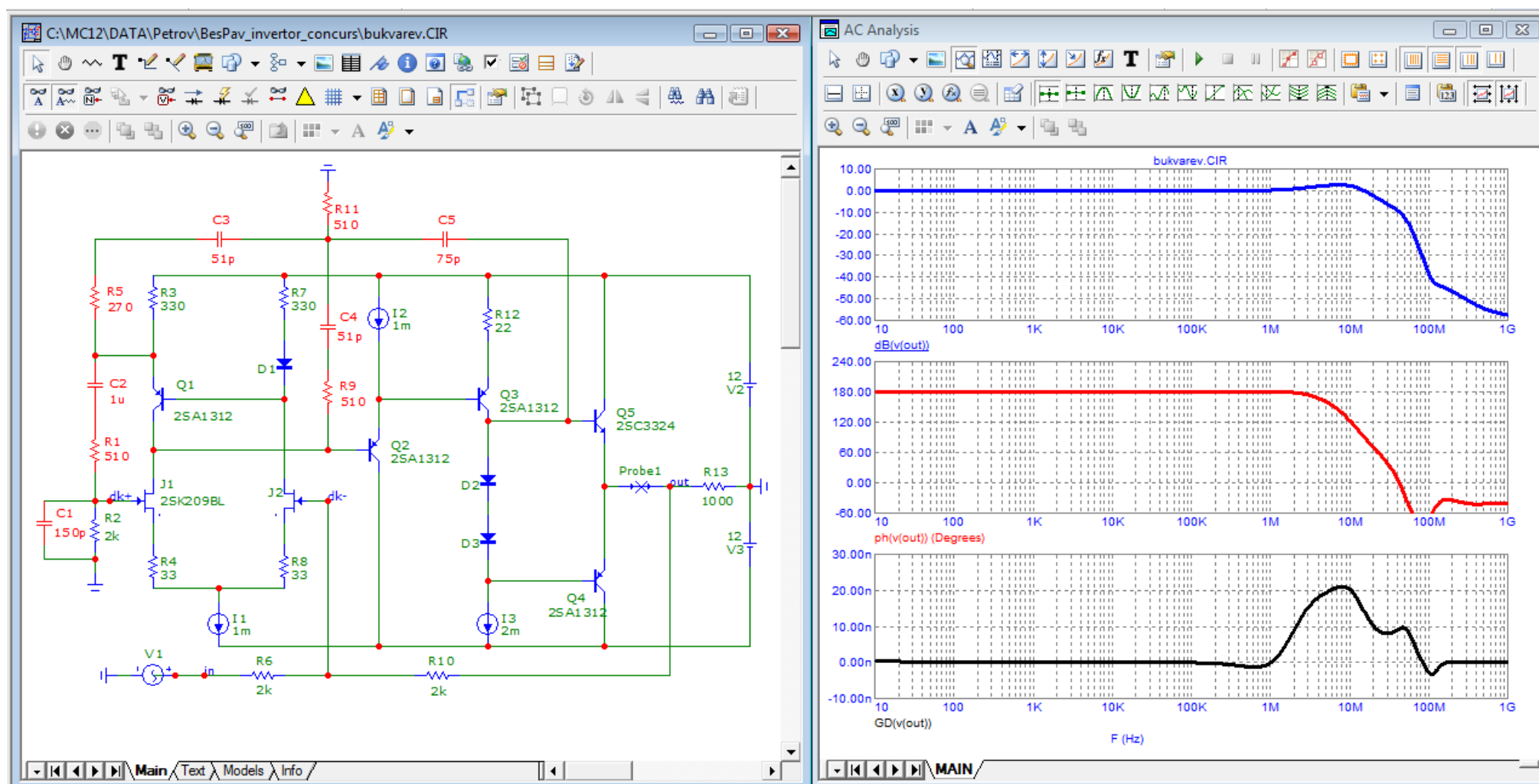
Когда человек не понимает от чего зависит качество звука, то он объявляет что победителем станет тот кто обеспечит максимальное петлевое усиление на частоте 10 кГц. Как будто только от этого и зависит качество работы усилителя.

По результатам конкурса я взял два варианта с разными **красными чертами**: а) максимальное петлевое и б) минимальное ГВЗ

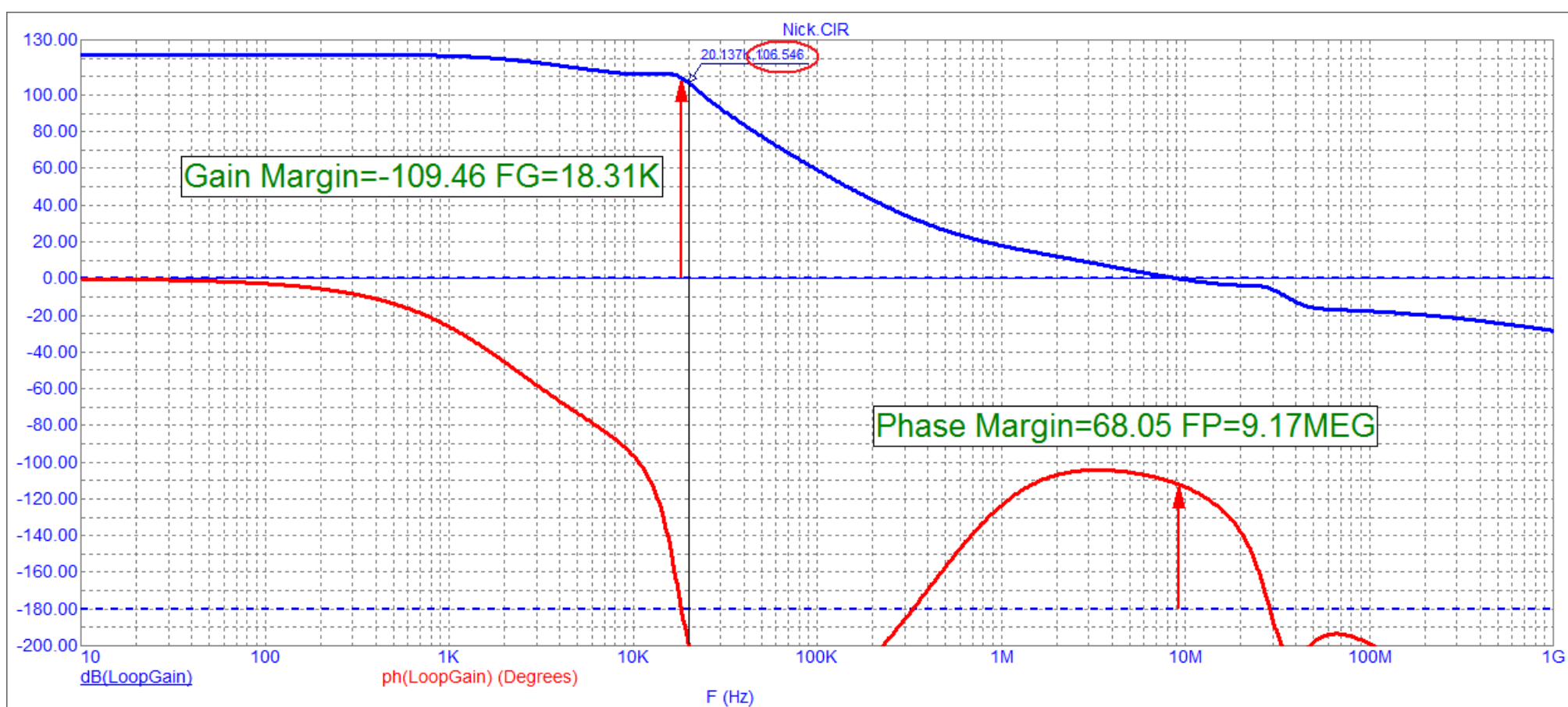
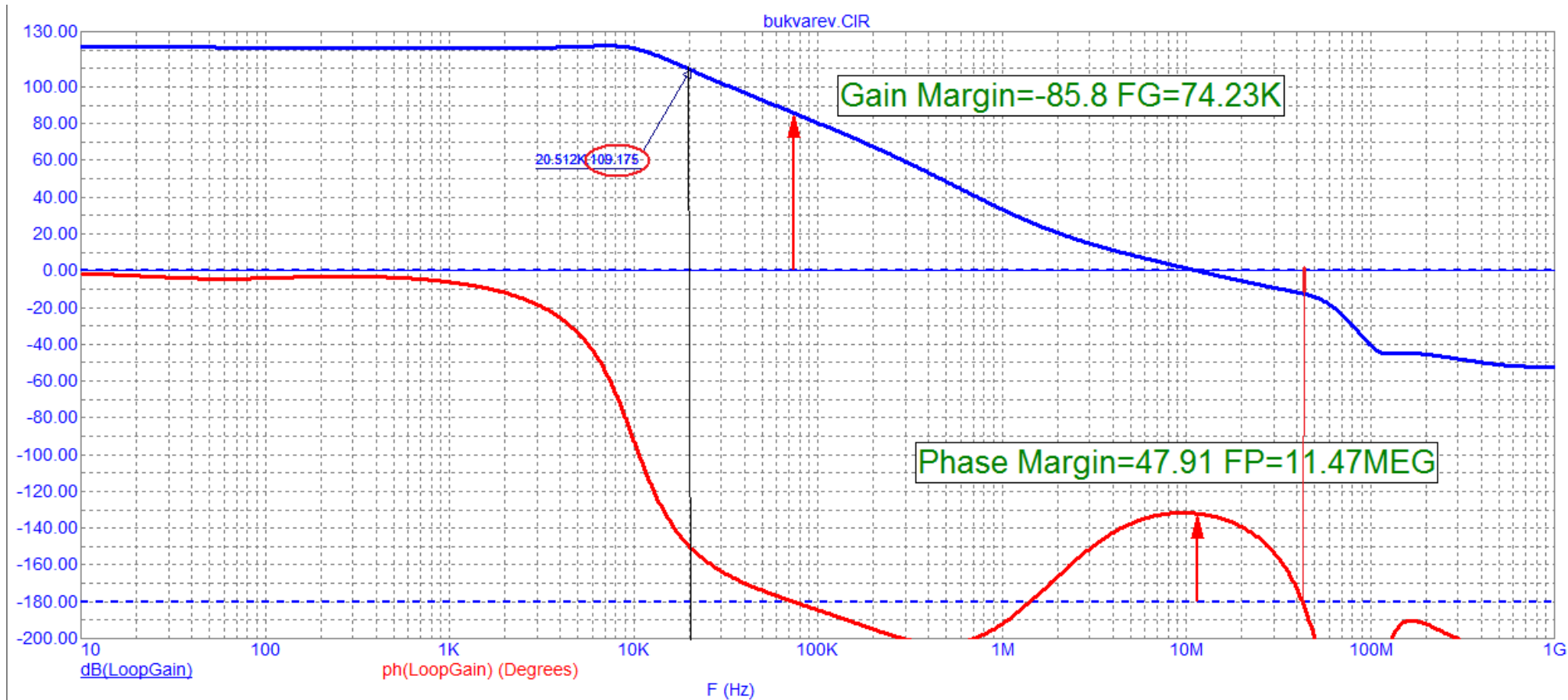
Сравнение двух вариантов коррекции

(вместо подведения итогов, названия моделей видны на графиках)

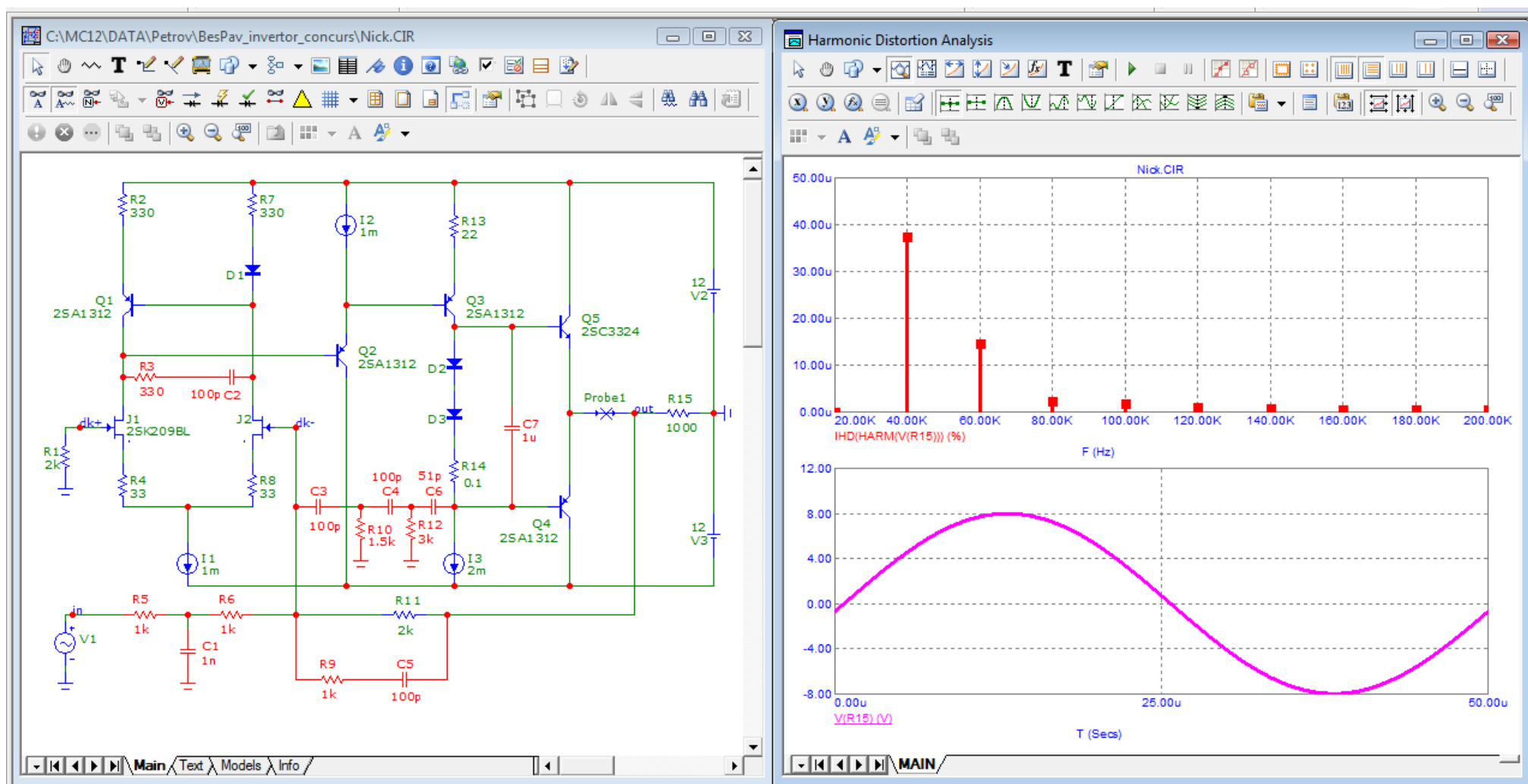
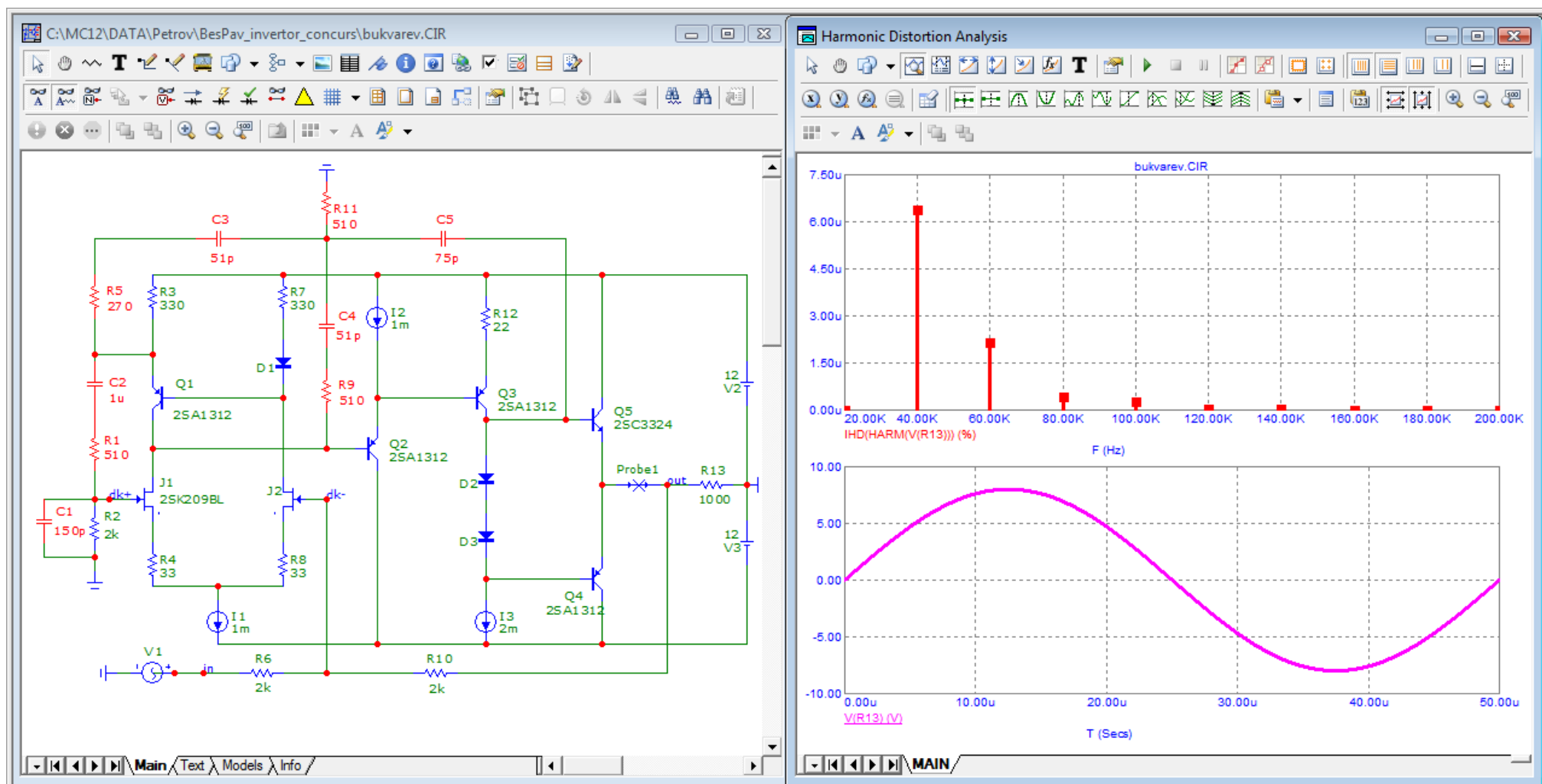
Диаграмма Бode



В первом случае время задержки равно практически нулю от долей Герца до 1 МГц, а во втором равно 700 нс и загибается с 30 кГц

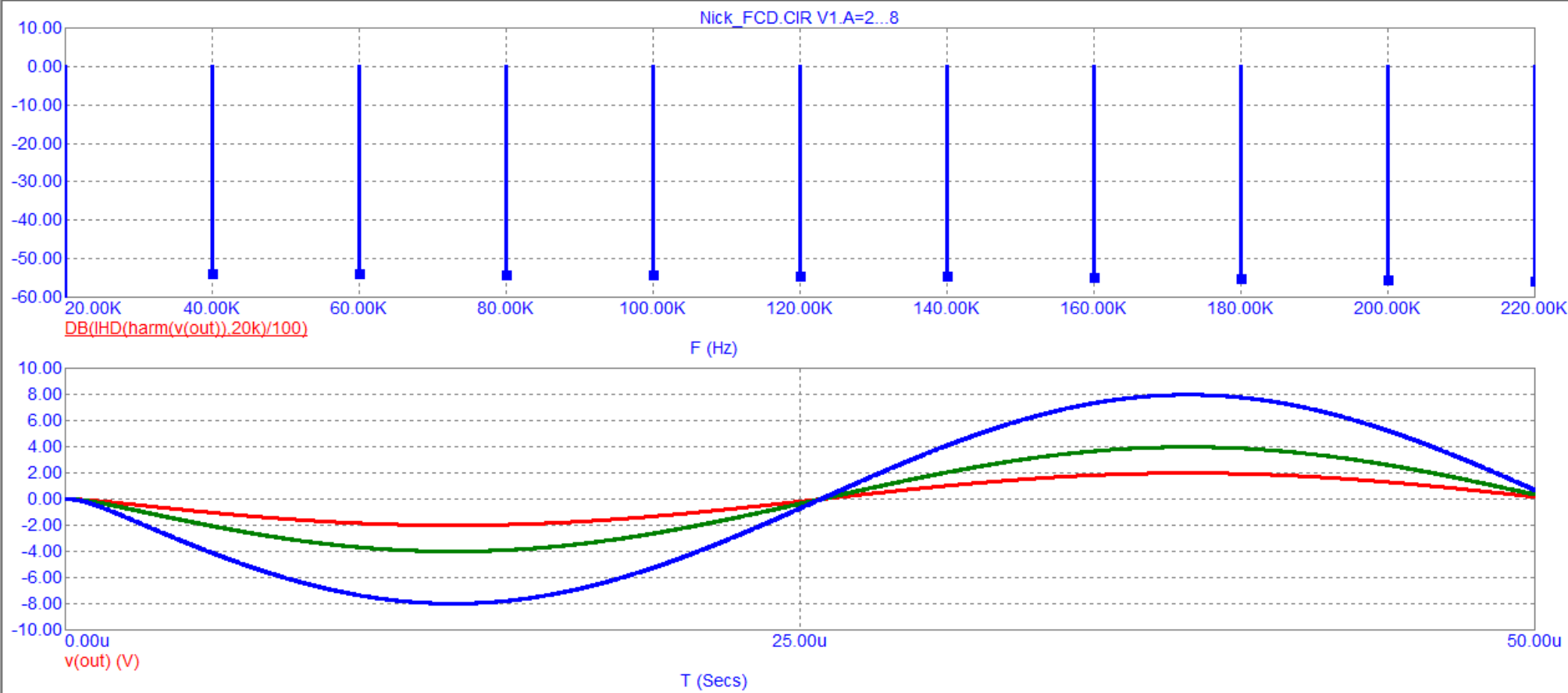
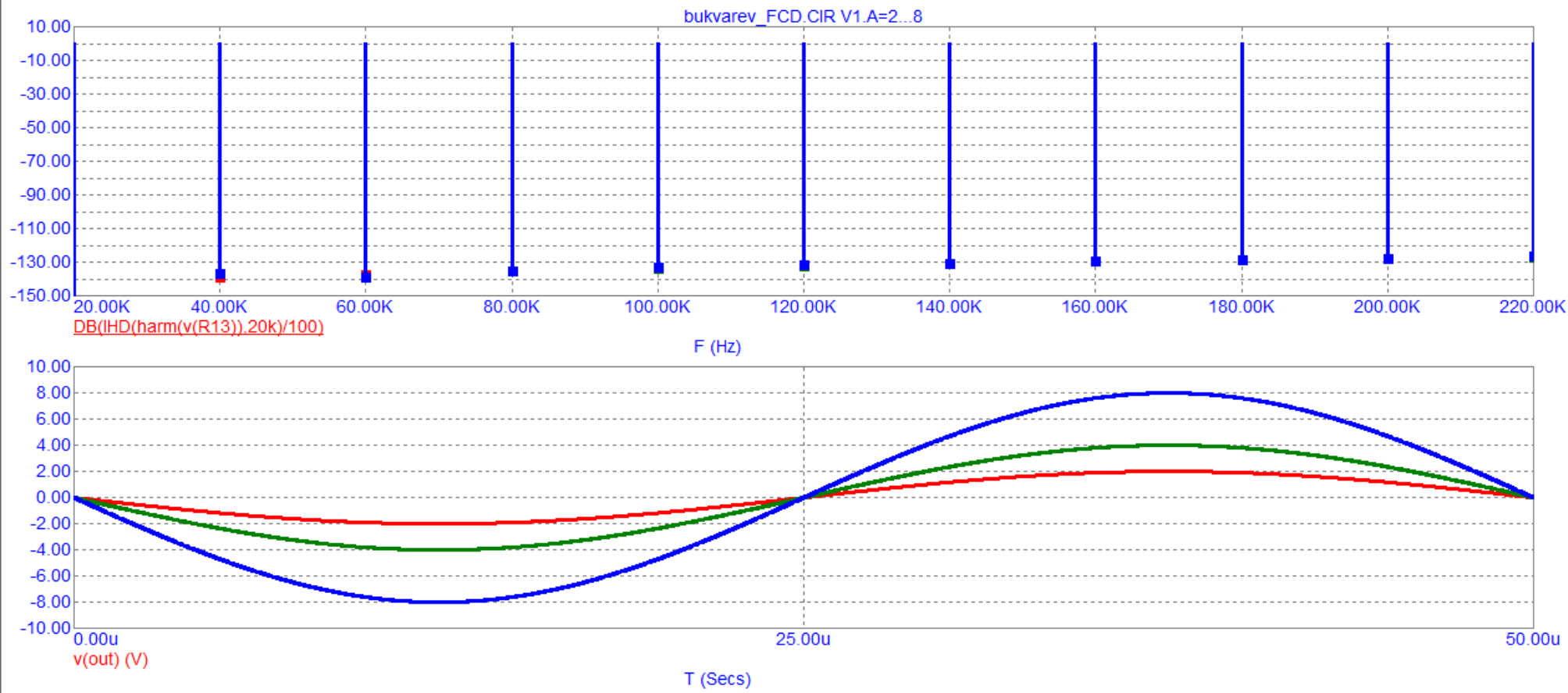


Разница в петлевом усилении на частоте 20 кГц всего 2,5 дБ.
Посмотрим как это сказывается на спектре



И хотя петлевое меньше всего на 2,5 дБ уровень искажений в установившемся режиме (после окончания переходных процессов — стоит «птичка» Periodic Steady State) во втором варианте в 6 раз выше

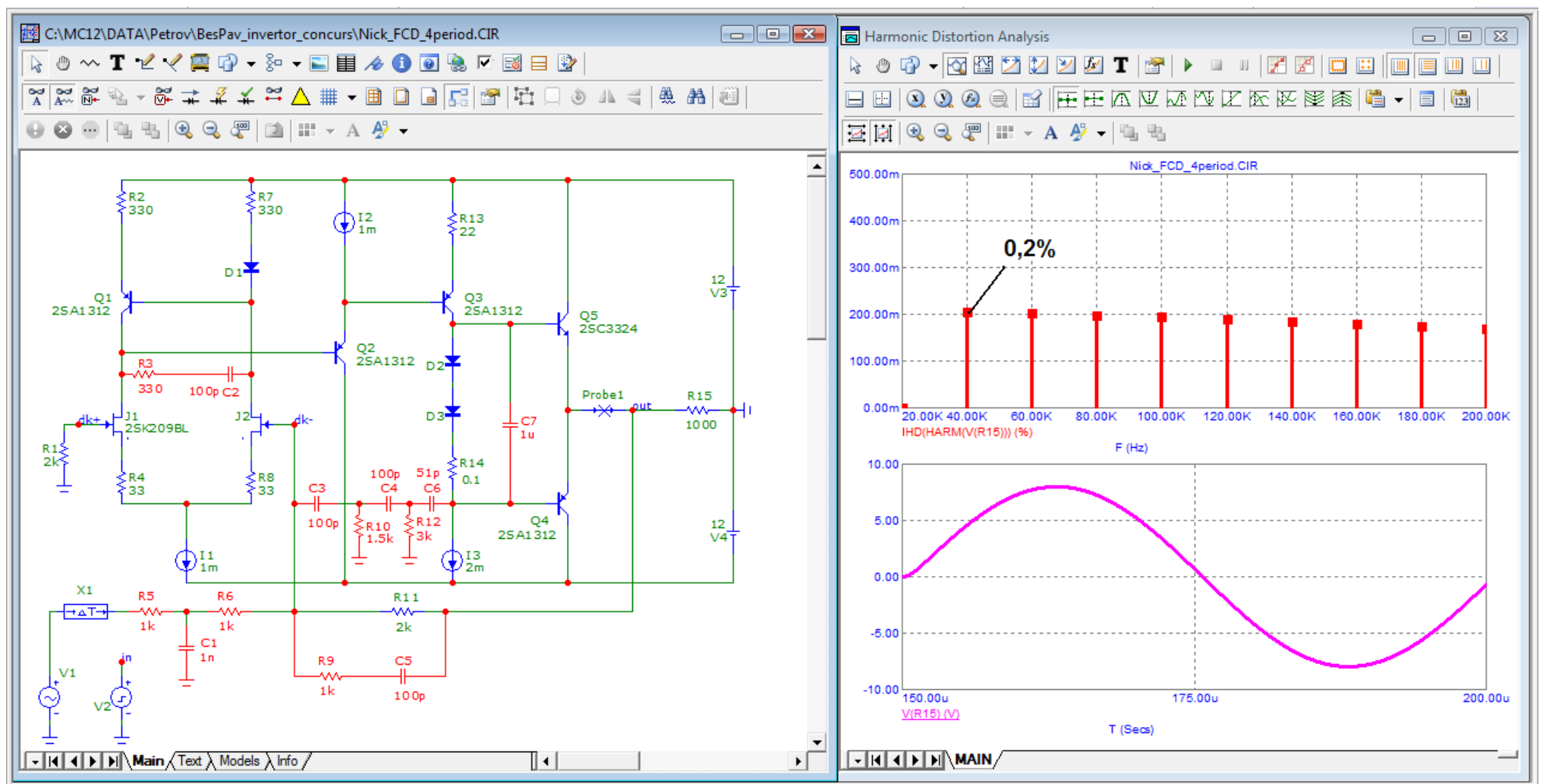
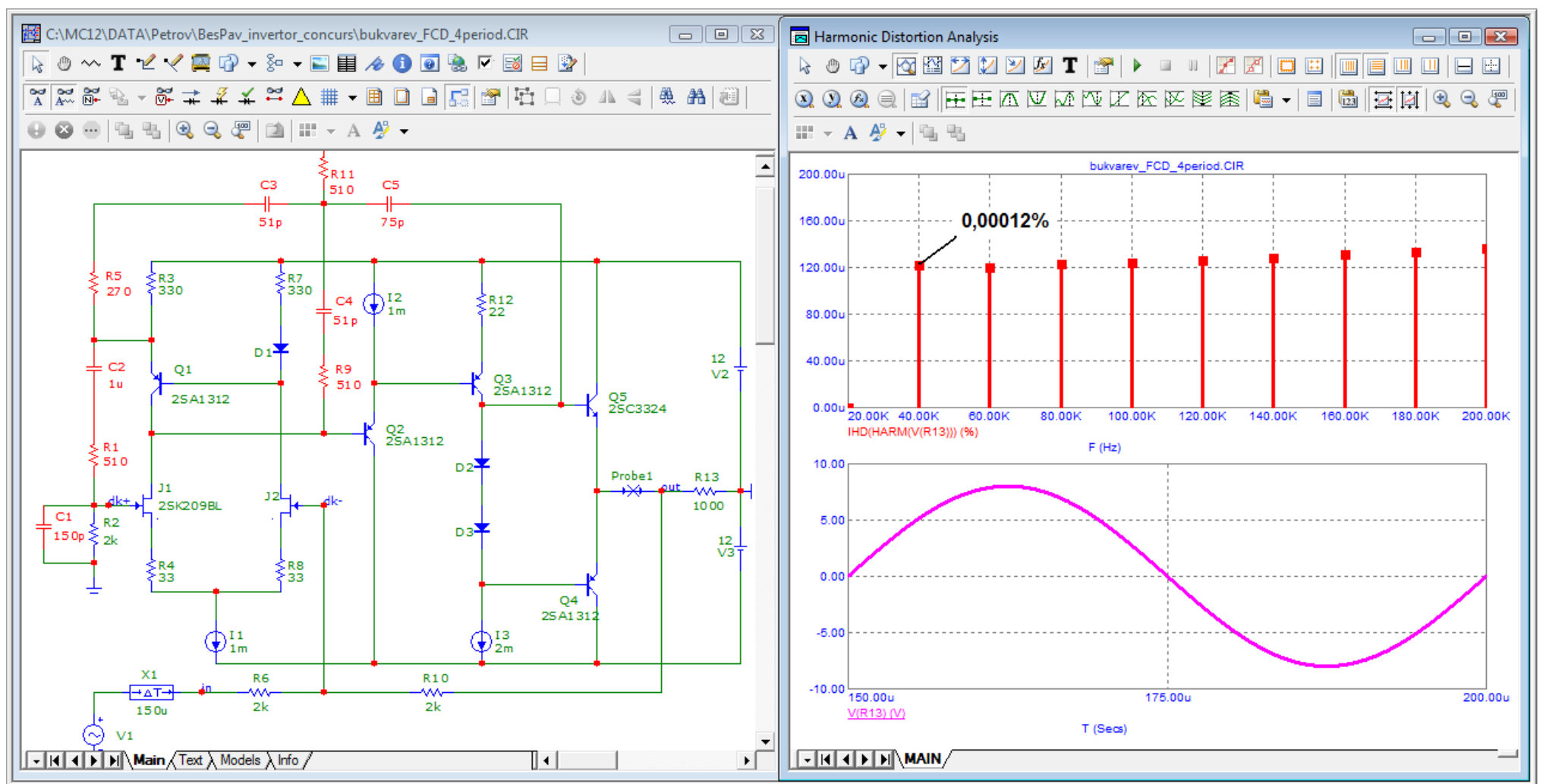
Тест на FCD - посвящается памяти Грэма (Graham Maynard), автора усилителя GEM



Разница в спектре первого периода равна $135 - 55 = 80$ дБ (10000 раз!!!)

Это то, что безуспешно пытался донести Грэм до своих коллег Данниг-Крюгеров

Попробуем обмануть микрокап по другому — подсунем ему четвертый период как первый. Для этого задержим входной сигнал линией задержки на 150 мкс



Без комментариев ...

Что касается минимально необходимого времени задержки прохождения сигналов то это вытекает из выводов Иржи Достала к формулам 8,5 (примеч. в книге на английском языке 1993 года это формулы 6,5 а) — с) на странице 159)

Погрешности в частотной области

253

2. Существенно более благоприятные условия наблюдаются при рассмотрении точности, задаваемой (допустимой) амплитудной погрешностью ε_A . Чтобы достигнуть того же показателя точности 0,01% на частоте f_1 , в данном случае будет достаточно, чтобы верхняя частота составляла $f_v = (100/\sqrt{2})f_1 \approx 71f_1$.

Примечание. Это вывод к формулам 8.5

Применительно к звуковому диапазону верхняя частота усилителя должна быть: $20 \text{ кГц} \cdot 71 = 1,42 \text{ МГц}$

Применительно к апериодическому звену первого порядка

$f = 1/2\pi \text{ ГВЗ}$

откуда: $\text{ГВЗ} = 1/(2\pi f) = 1/(6,28 \cdot 1,42 \cdot 10^6) = 0,122 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 112 \text{ нс}$

По поводу линейных искажений в каждом учебнике подчеркнуто, что линейные искажения (отклонение по амплитуде и по фазе без внесения дополнительных спектральных составляющих) имеют место только на гармонических сигналах в установившемся режиме (т. е. по окончании переходных процессов).

Зная частотную передаточную функцию линейной стационарной системы, можно найти реакцию системы на гармонический входной сигнал в установившемся режиме (рис. 5.2). Если на вход линейной стационарной системы поступает гармонический сигнал

$$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \alpha_0) ,$$

то на ее выходе в установившемся режиме будем иметь гармонический сигнал, отличающийся амплитудой и ~~частотой:~~ **фазой:**

$$y(t) = B \sin(\omega_0 t + \beta_0) .$$

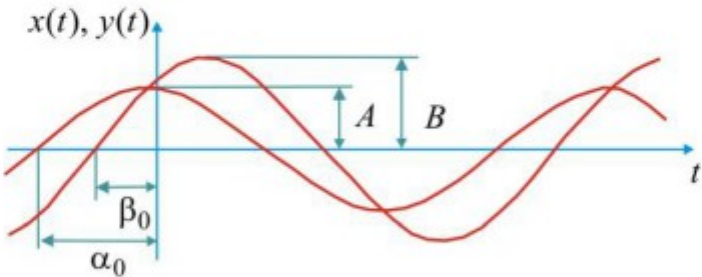


Рис. 5.2. Входной и выходной гармонические сигналы линейной системы

Амплитуда и фаза выходного сигнала определяются соответственно формулами:

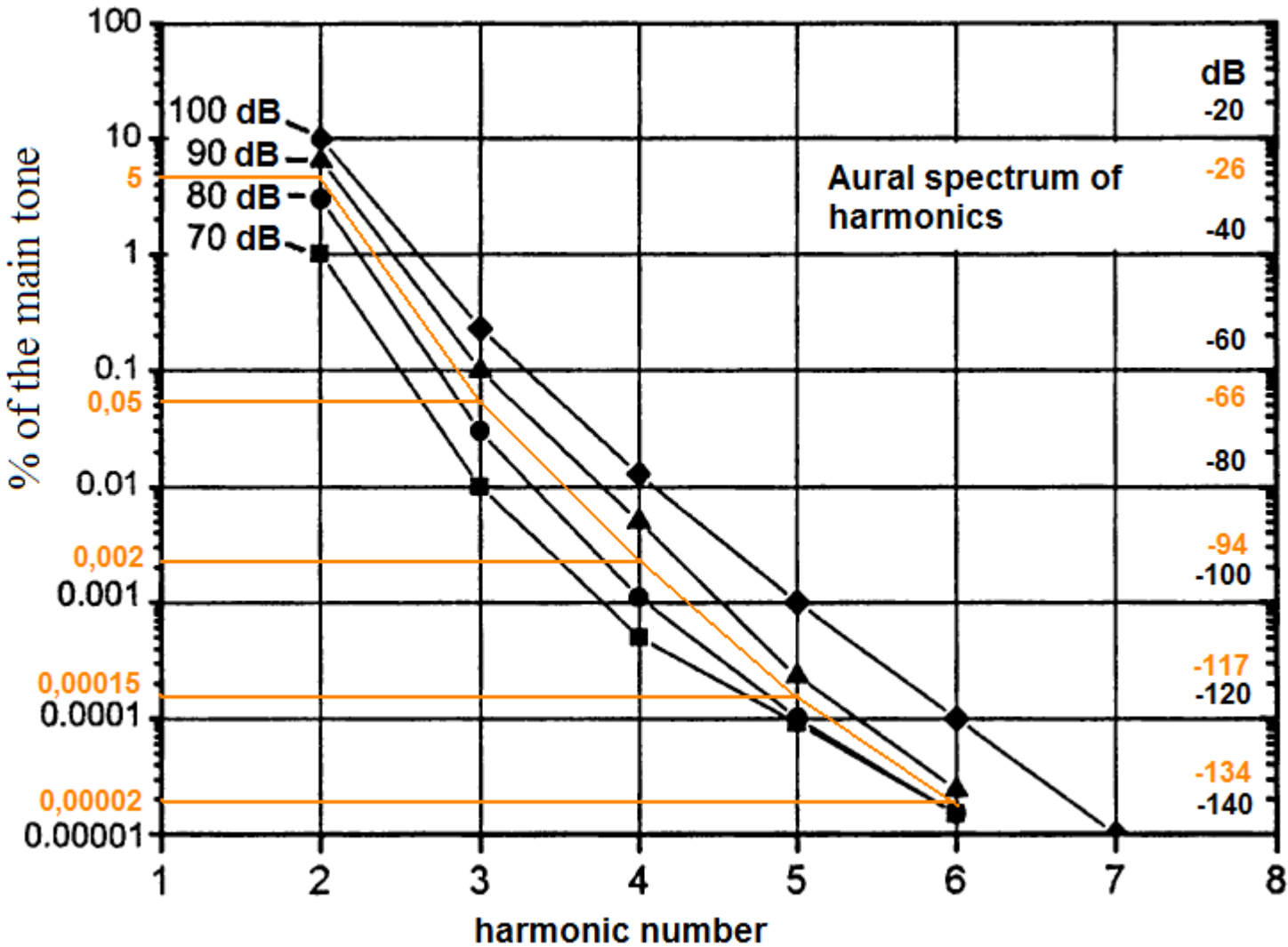
$$B = |W(j\omega_0)| \cdot A ; \tag{5.7}$$

$$\beta_0 = \alpha_0 + \arg W(j\omega_0) . \tag{5.8}$$

Примечание. Но даже в учебниках встречаются опечатки.

Что касается **красной черты**, то сколько подходов к проектированию — столько и красных черт.

Например Чивер руководствуясь кривыми ушных гармоник Олсона начертил такую красную черту



Красная черта для Кирилла Хаммера как можно меньшая задержка прохождения сигнала (в идеале равна нулю).

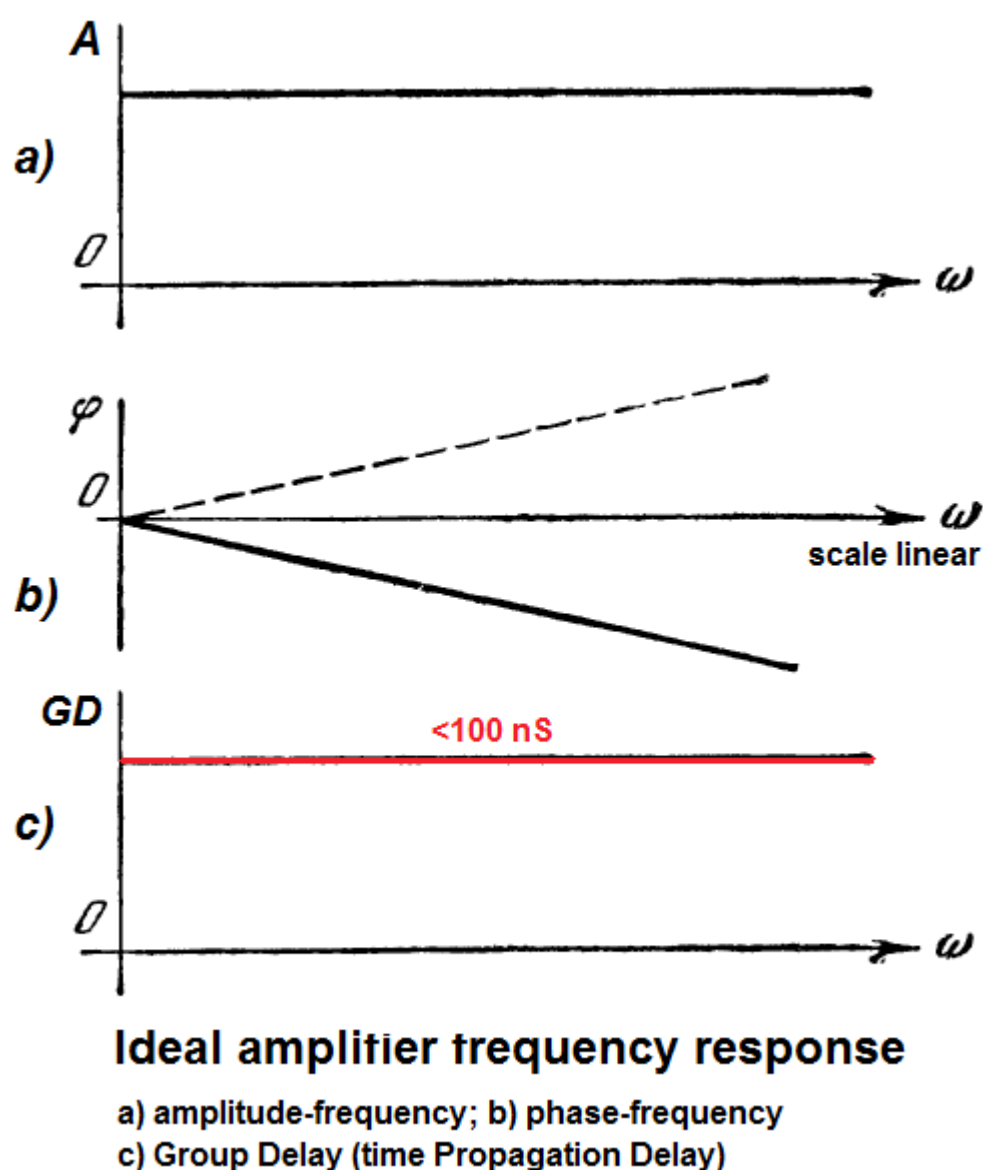
Вот выдержка из его интервью журналу (the absolute sound, May/June 2012):

«Perfect performance in the time domain is no less important. This is especially true of amplifiers based on negative feedback. The theoretical concept of negative feedback is very powerful, and the simplified mathematical equations describing this concept do hold true. But they are only valid if the design addresses the limitations of the concept. The time delay from input to output must be zero! Obviously in real life this is not possible. There are two ways to deal with this problem. Either you just do not apply any negative feedback at all to your design (while giving up the advantages of the concept) or you do speed it up to the level (200 MHz in the case of the Soulution 700 and 710) of a few nanoseconds of time delay from input to output, where timing errors are so small that they do not have any audible impact on the sound. Once you decide to go the latter way a whole bunch of new challenges suddenly arise. Thermal conditions, stability of supply voltages, high-frequency designs, noise induction etc., etc.»

«Не менее важна безупречная производительность во временной области. Особенно это касается усилителей на основе отрицательной обратной связи. Теоретическая концепция отрицательной обратной связи очень сильна, и упрощенные математические уравнения, описывающие эту концепцию, действительно верны. Но они действительны только в том случае, если дизайн учитывает ограничения концепции. Время задержки от входа к выходу должно быть нулевым! Очевидно, в реальной жизни это невозможно. Есть два способа справиться с этой проблемой. Либо вы вообще не применяете отрицательную обратную связь к своему дизайну (при этом отказываясь от преимуществ концепции), либо ускоряете его до уровня (200 МГц в случае Soulution 700 и 710) в несколько наносекунд временной задержки от входа к выходу, где временные ошибки настолько малы, что не оказывают никакого слышимого воздействия на звук. Как только вы решите пойти по последнему пути, внезапно возникает целый ряд новых проблем: температурный режим, стабильность питающих напряжений, высокочастотные конструкции, индукция шума и т. д. и т. п. »

Похоже что этой красной черты придерживается и российский радиолобитель Букварев, misha88 и многие другие радиолобители с кем я переписываюсь и которые поддерживают эту точку зрения.

Свою красную черту я озвучивал неоднократно:



Экспересс-анализ двух вариантов сделал

Александр Петров

p.s. Надеюсь, кого заинтересует этот материал переведет его сам с помощью гугл-переводчика
I hope whoever is interested in this material will translate it himself with the help of a google translator