Краткмй анализ модели усилителя APEX14

В качестве схемы для модели использован вариант рис. 1

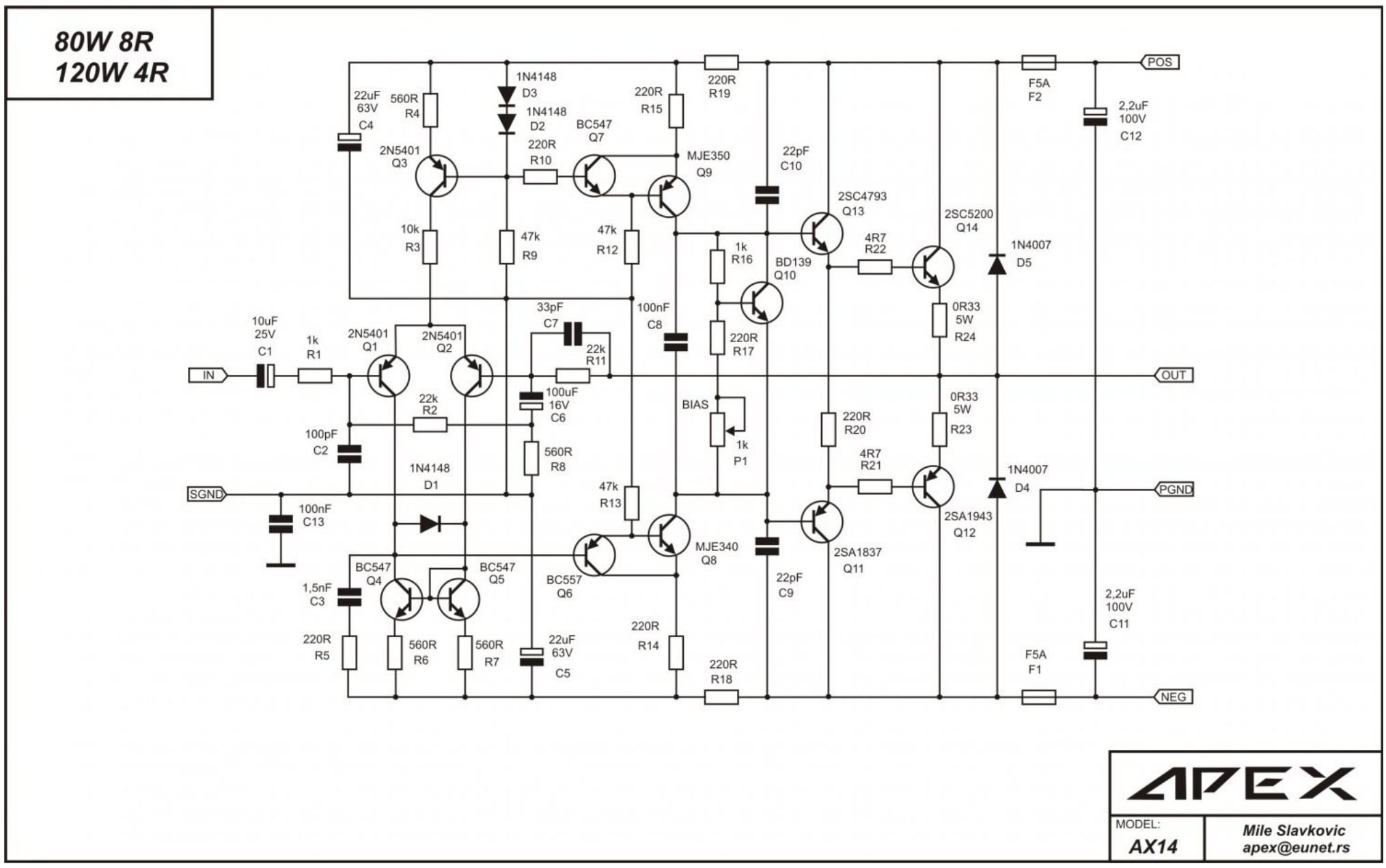

Рис. 1

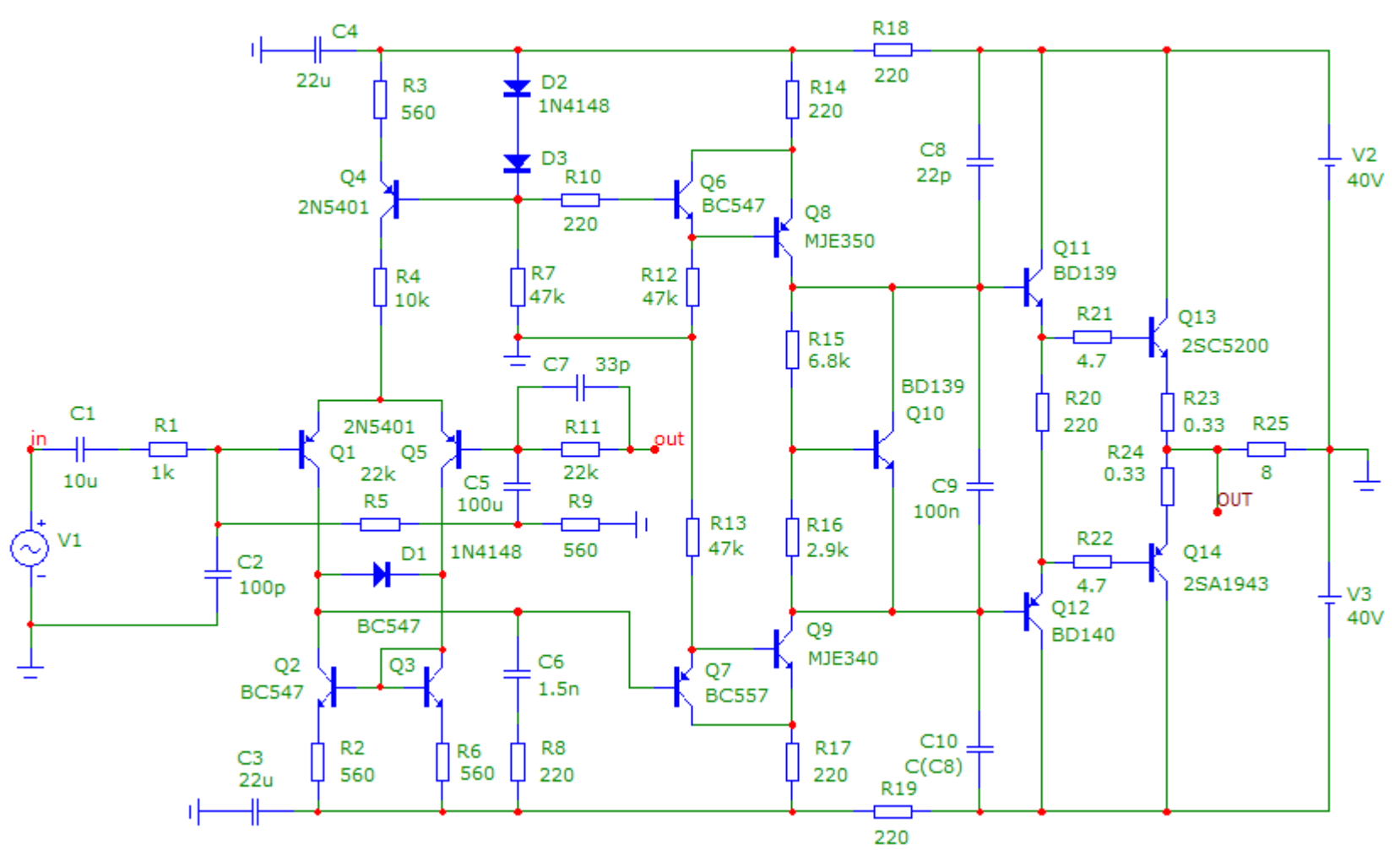

Рис. 2. Схема модели

Защитные диоды на выходе не ставил, на результаты тестов они не оказывают влияния. На предвыходные у меня нет моделей, поэтому использовал те что есть в штатной библиотеке. Ток покоя 120 мА.

Для начала снимем диаграмму Боде без конденсатора C2, рис. 3

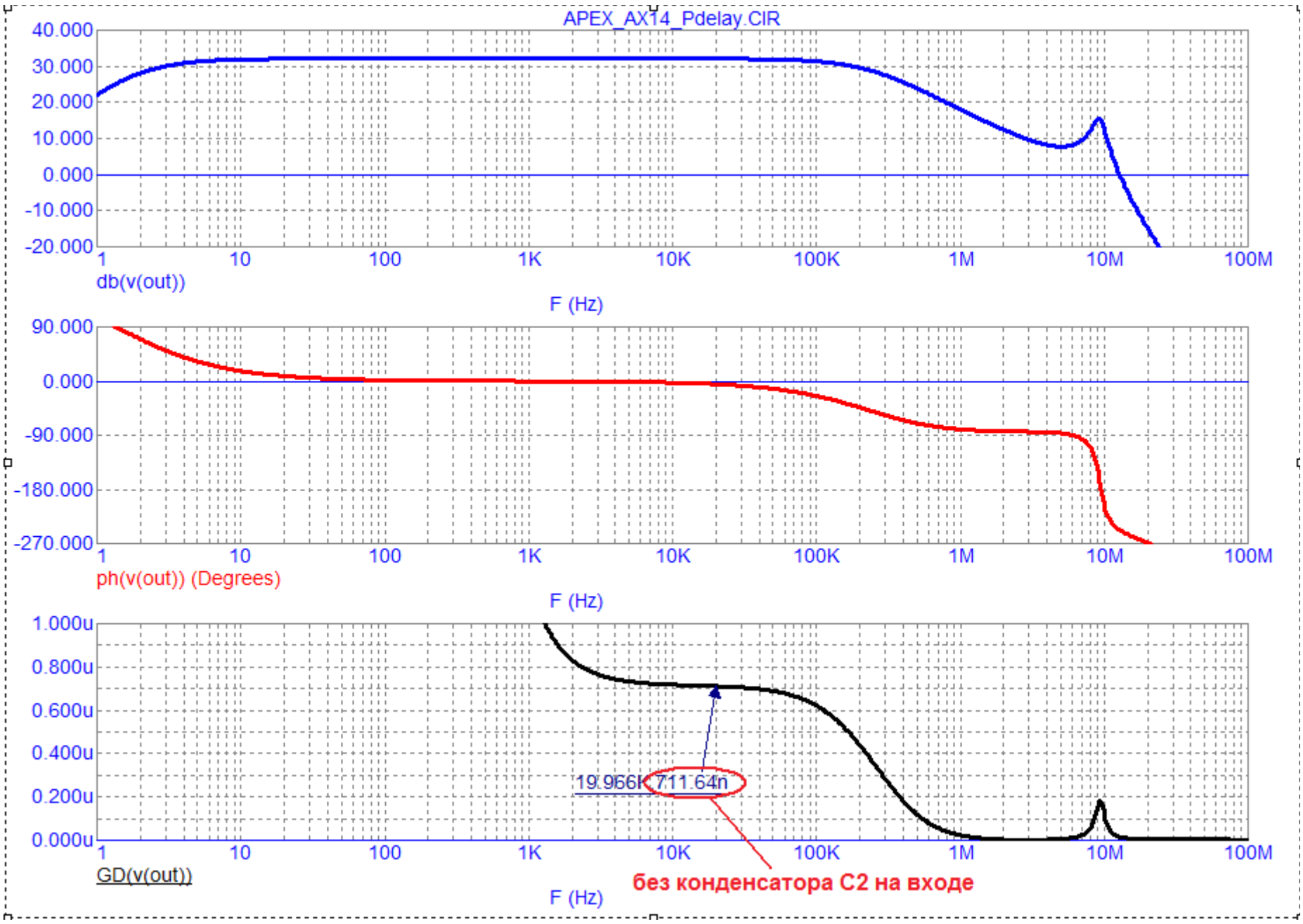

Рис. 3

Время задержки прохождения сигнала более 700 нс. Подъем ГВЗ ниже 5 кГц обусловлен конденсаторами в цепи ООС и конденсатором на входе (C1, C6). Именно эти конденсаторы и создают переходные процессы, особенно в области НЧ.

В первую очередь нас интересует устойчивость усилителя

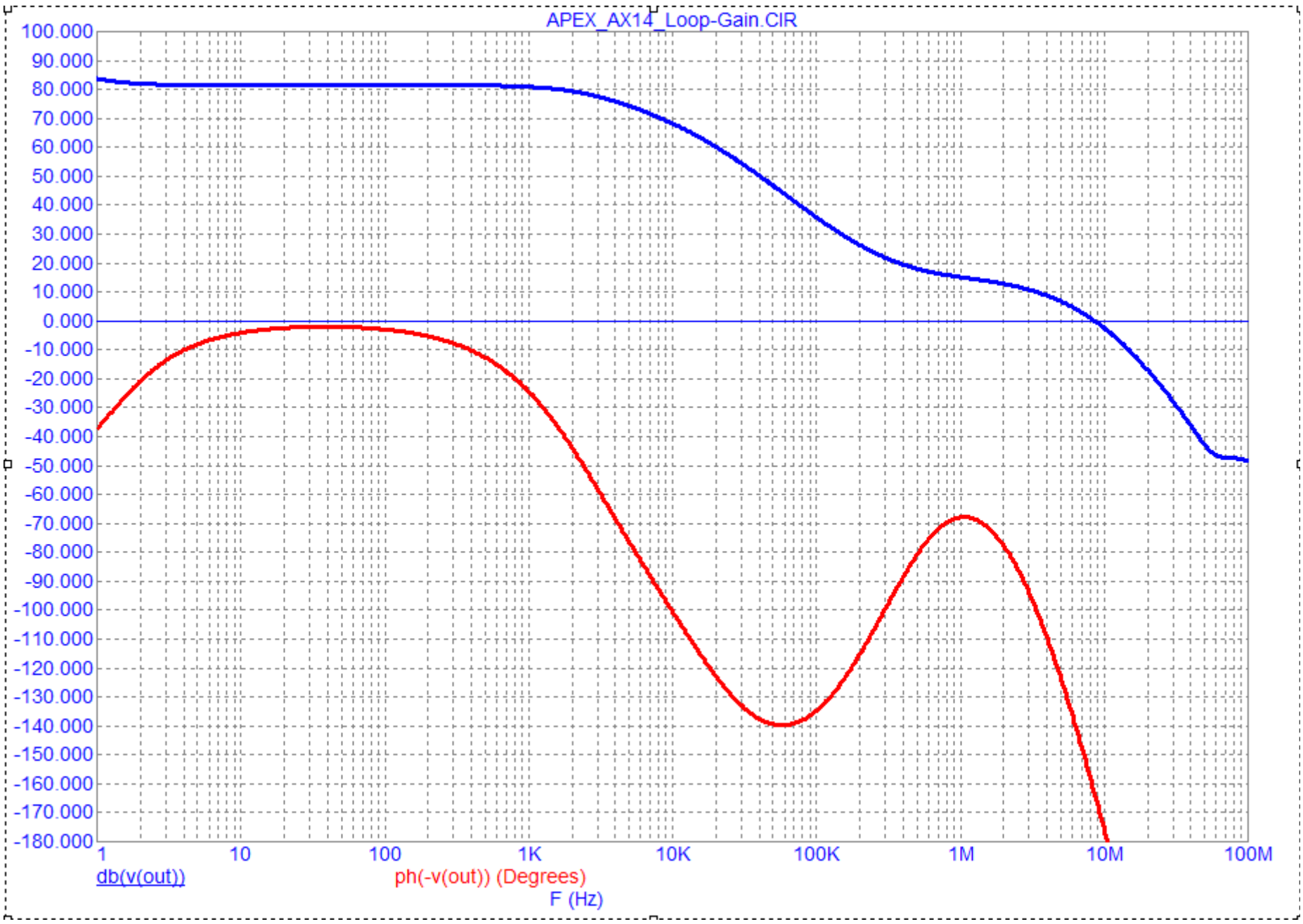

Рис. 4. Петлевое усиление без C2. Практически нет запасов ни по фазе ни по амплитуде.

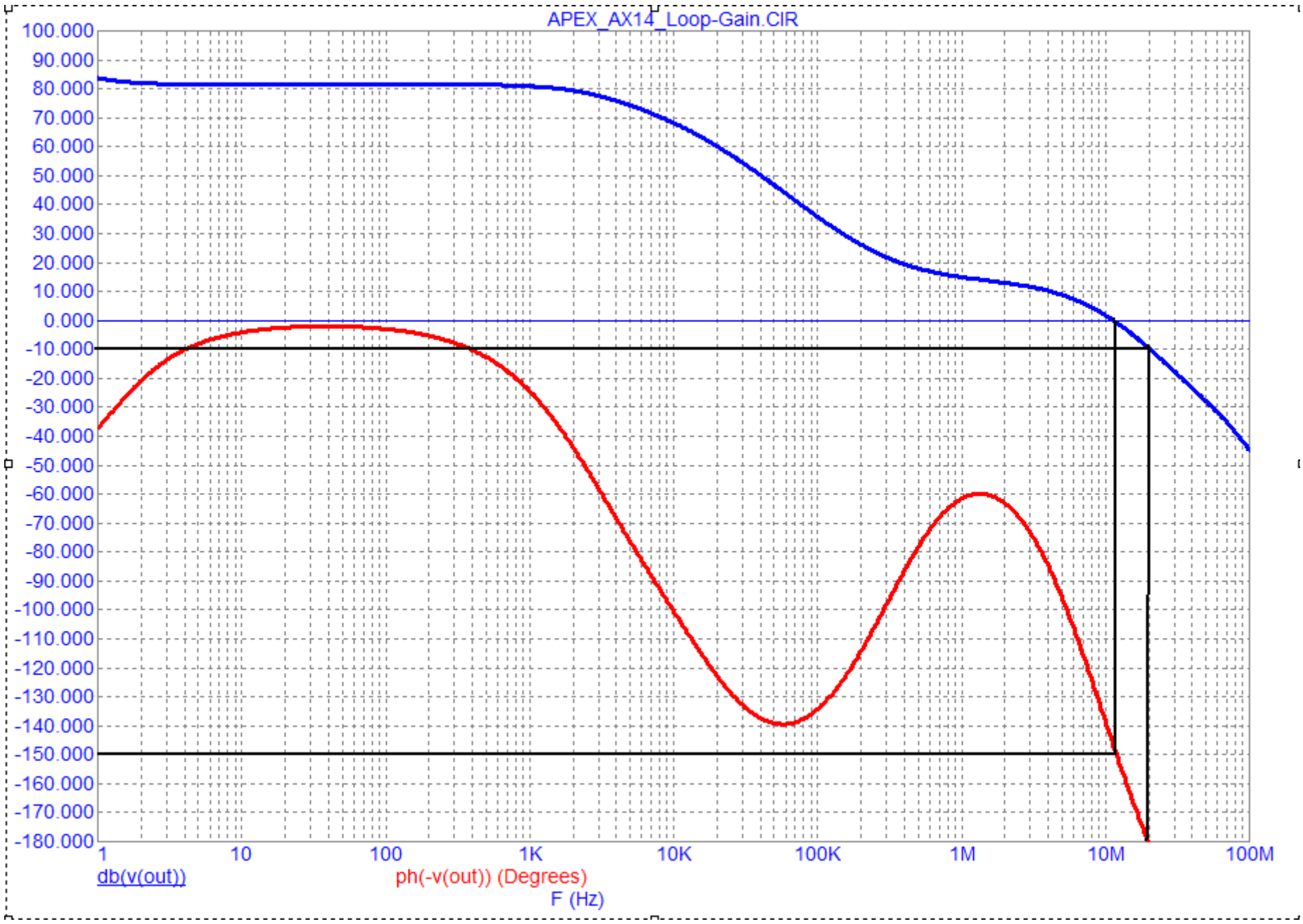

Рис. 5. Петлевое усиление с C2. С конденсатором C2 имеем запасы на пределе.

Петлевое усиление на частоте 20 кГц около 60 дБ, на частотах ниже 1 кГц более 80 дБ.
Попробуем оптимизировать емкость конденсатора C7

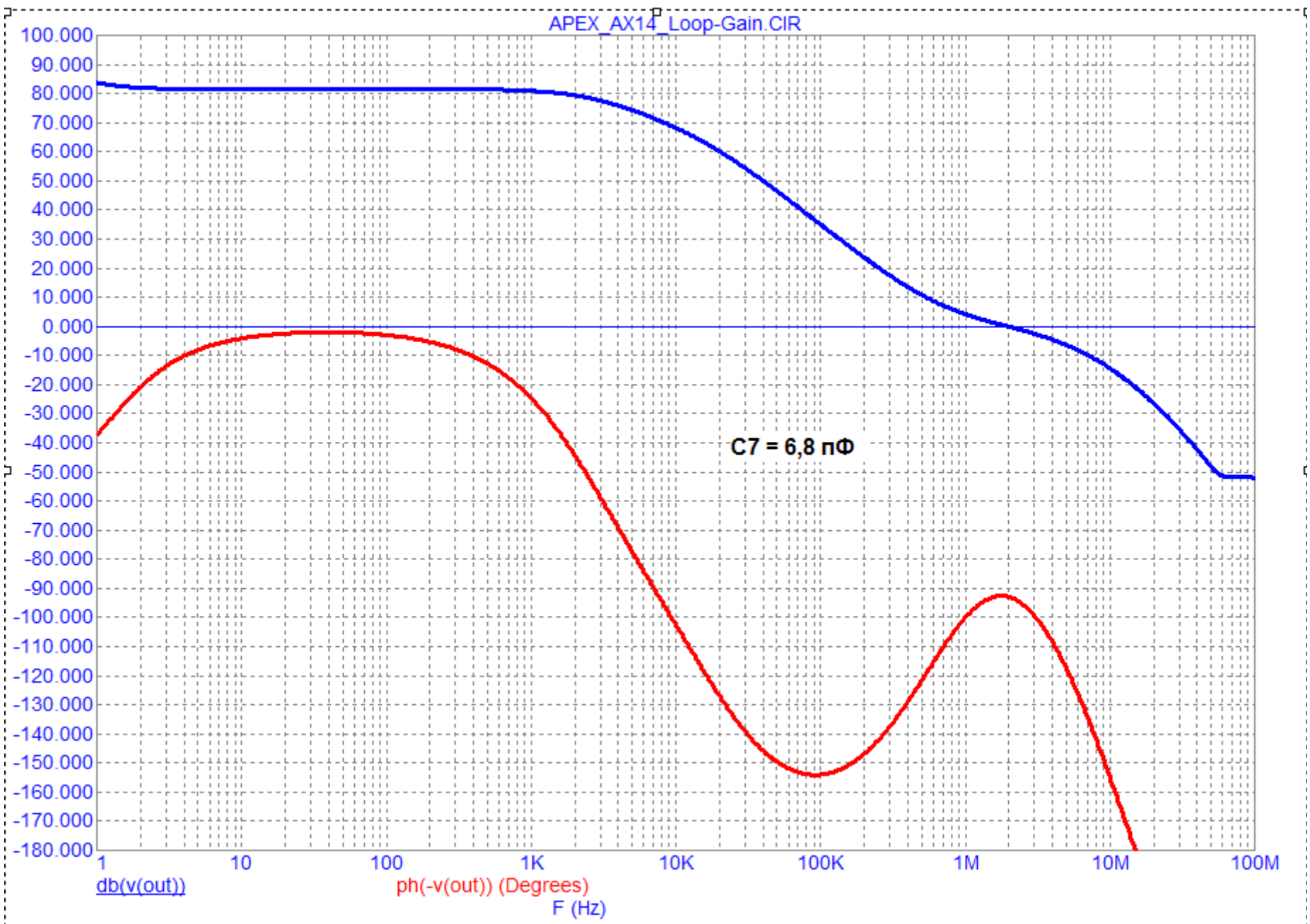

Рис. 6. Петлевое усиление без C2, емкость C7=6,8 пФ (емкость C7 явно не оптимальная)

Снимем зависимость Кг от частоты. Чтобы снизить влияние переходных процессов вынужден измерять на 10-м периоде.

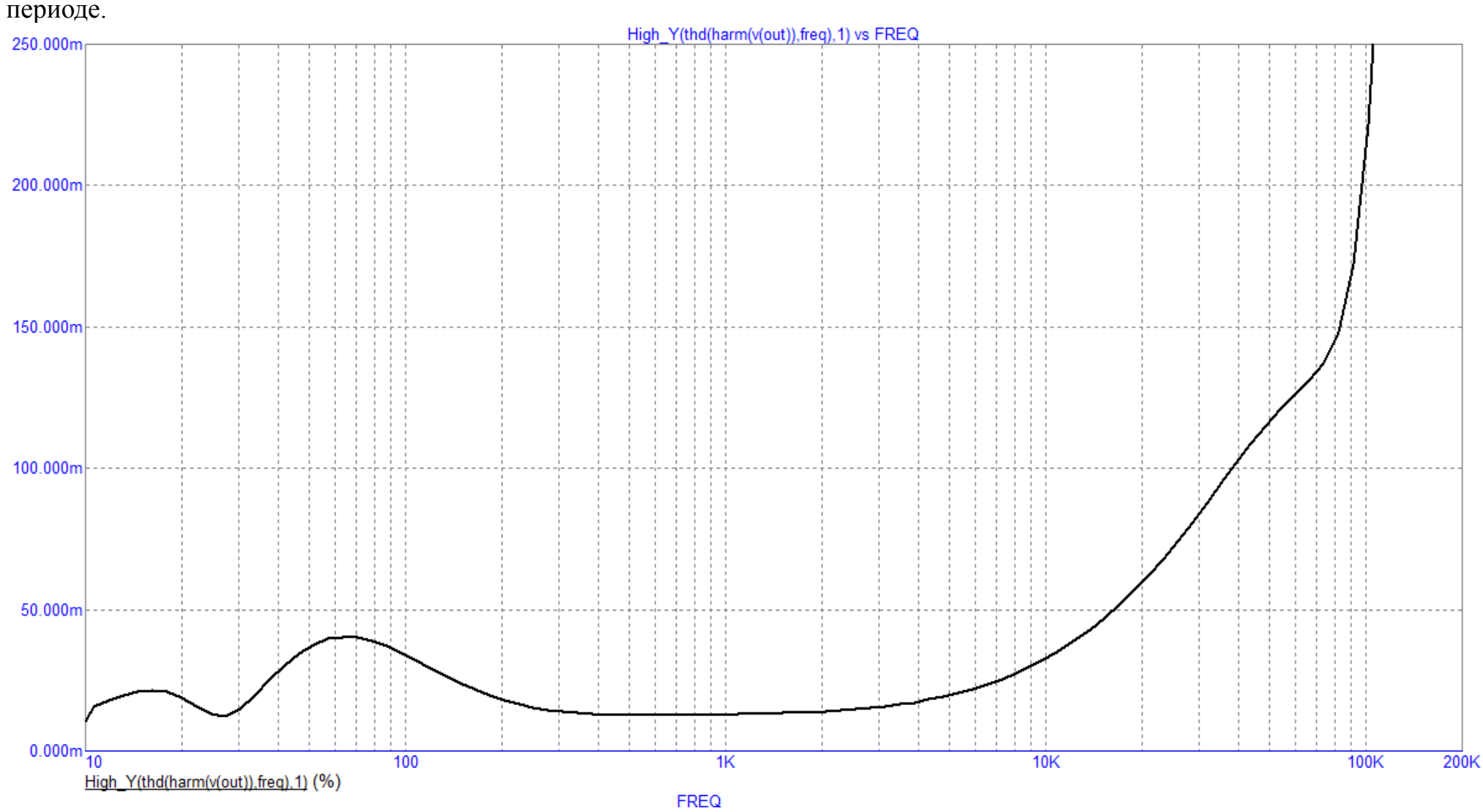

Рис. 7. Зависимость Кг от частоты на 10-м периоде при амплитуде выходного напряжения 30 В(пик).

Даже на 10-м периоде мы видим рост Кг к низким частотам. Так как спад петлевого усиления выше 5 кГц, то выше этой частоты мы видим и рост гармоник. Не смотря на большую величину петлевого усиления Кг на частоте 1 кГц около 0,02%.

Проверим ИМИ двухчастотным методом, рис. 8

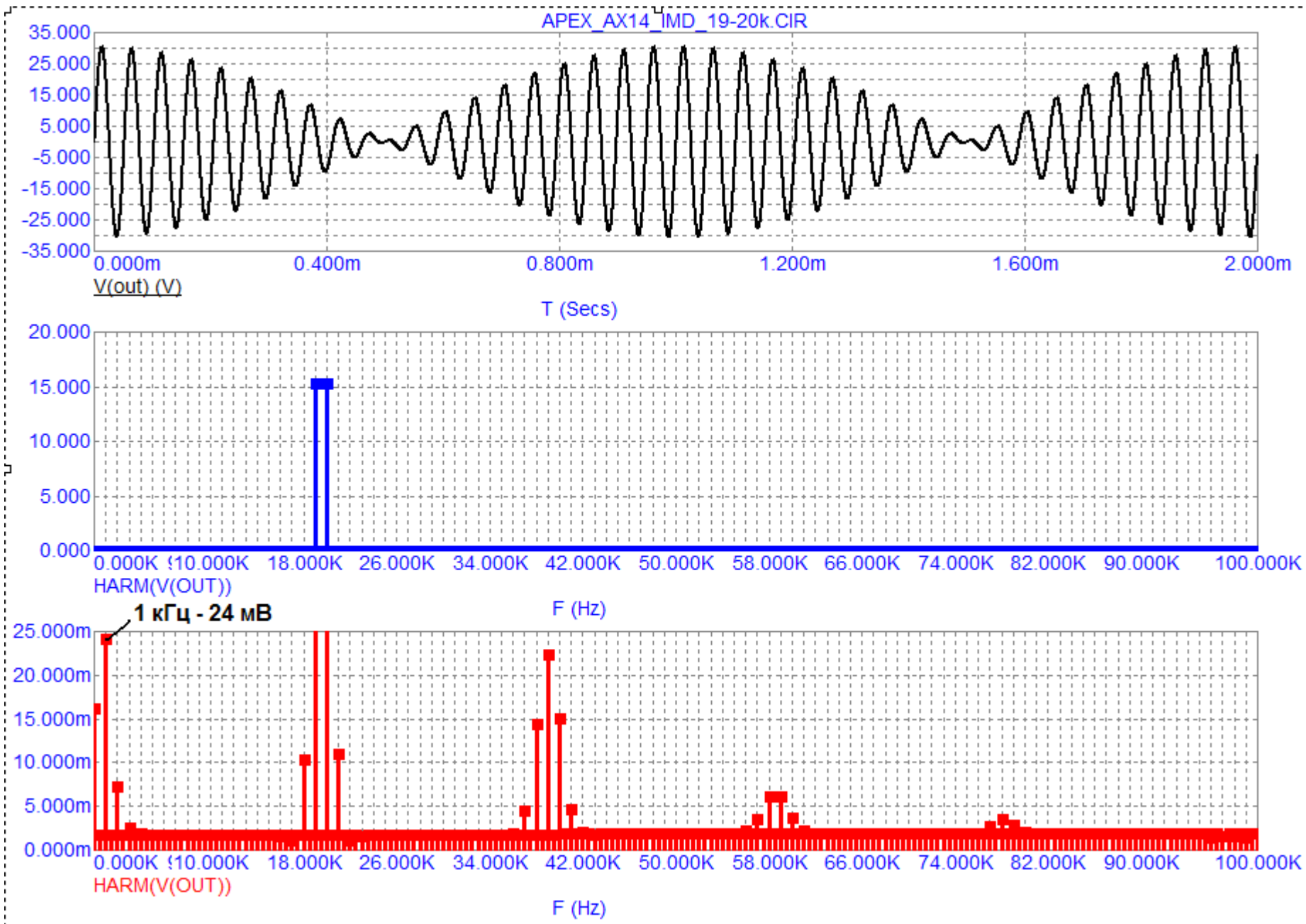

Рис. 8

Если растянуть снизу то получим уровень шумовой подставки связанной с большим временем задержки, рис. 9

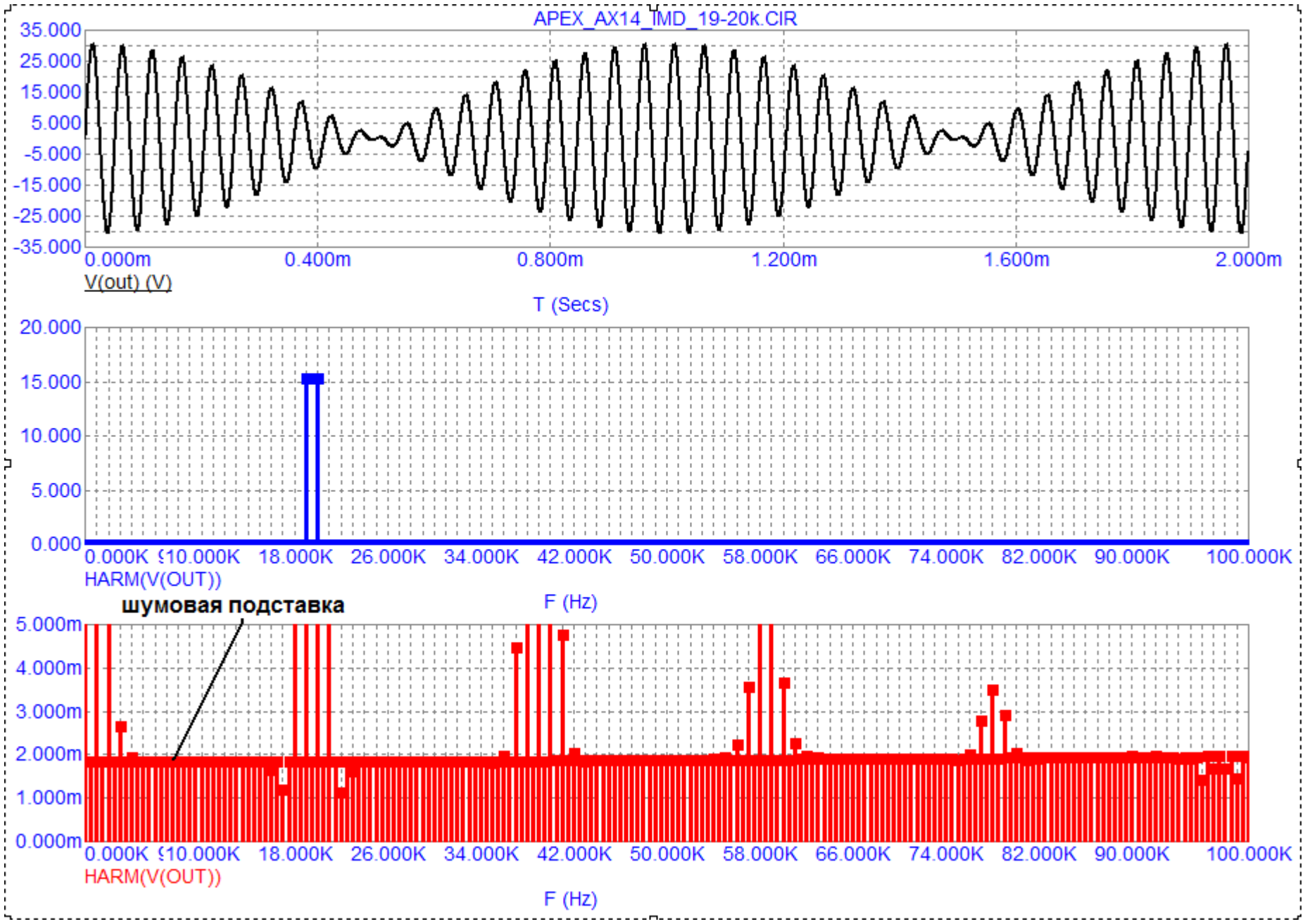

Рис. 9

Посмотрим начало синусоиды частотой 20 кГц, рис. 10

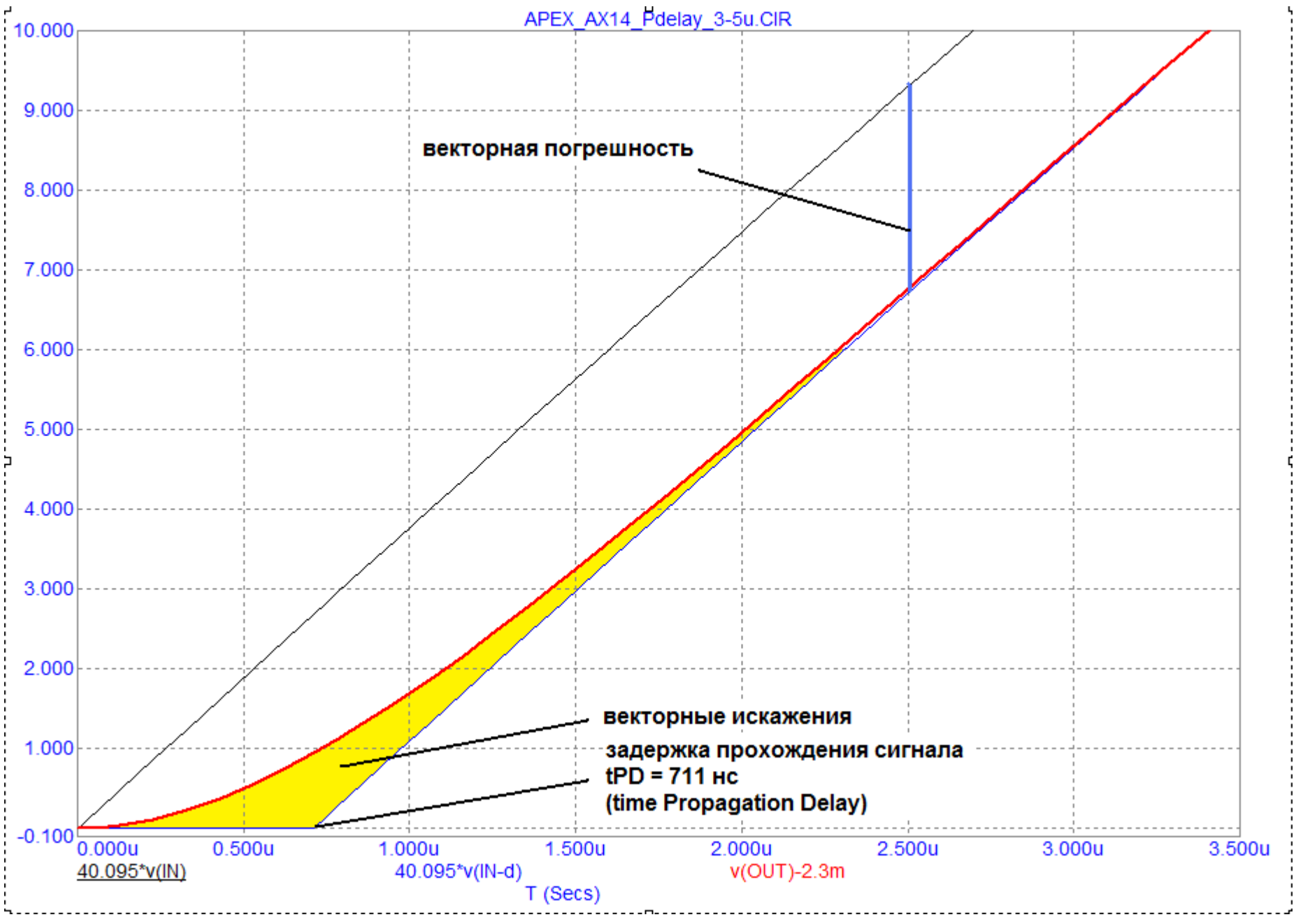

Рис. 10. 20 кГц — начало

Время выхода на установившийся режим более 2 мкс. Амплитуда векторных искажений достигает 1 В.

Проверим скорость нарастания выходного напряжения, рис. 11

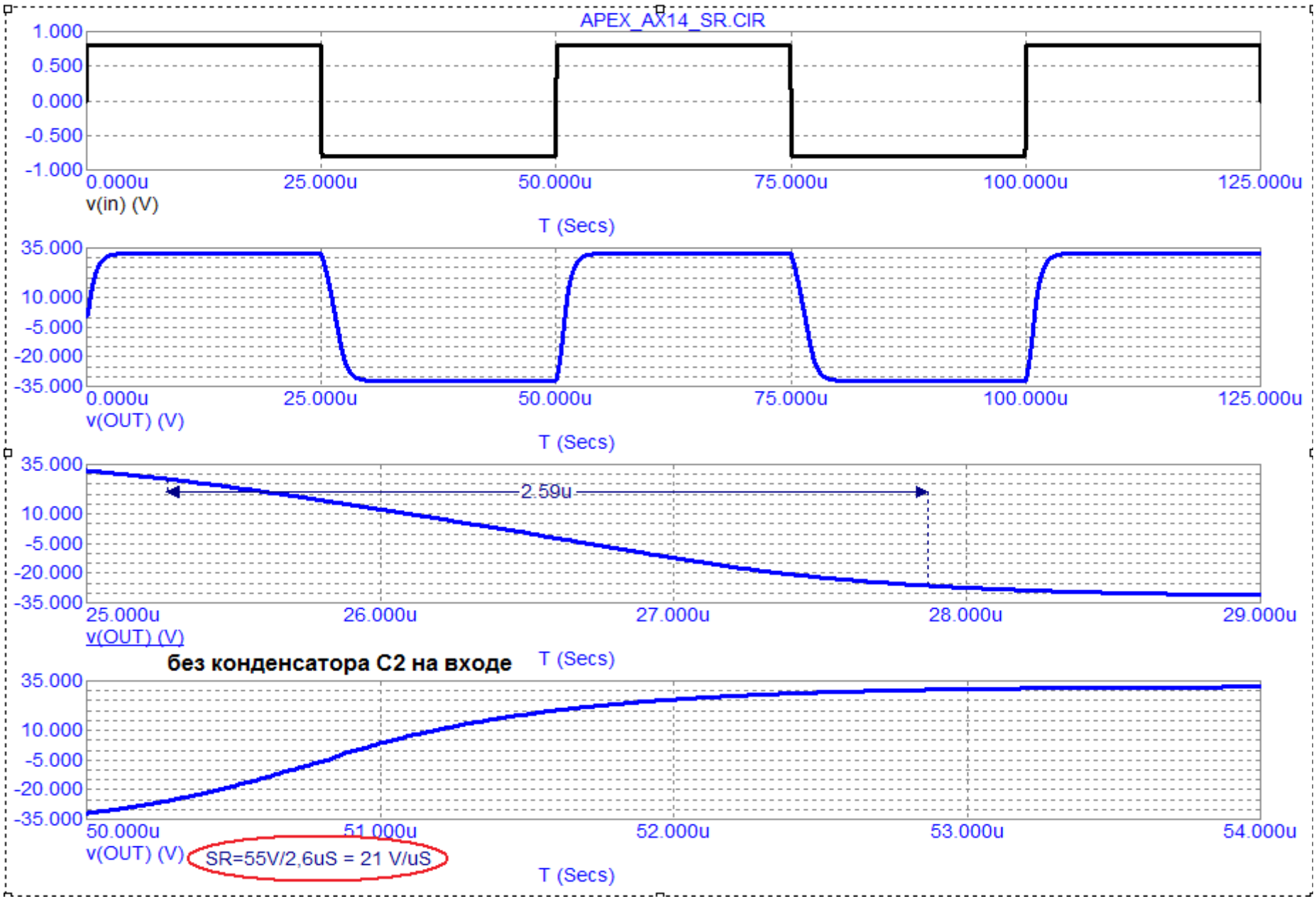

Рис. 11

Скорость нарастания выходного напряжения всего 21 В/мкс (ПСН = 0,38 1/мкс). Что конечно же очень мало для высококачественного звуковоспроизведения.

Проверим коммутационные искажения, рис. 12

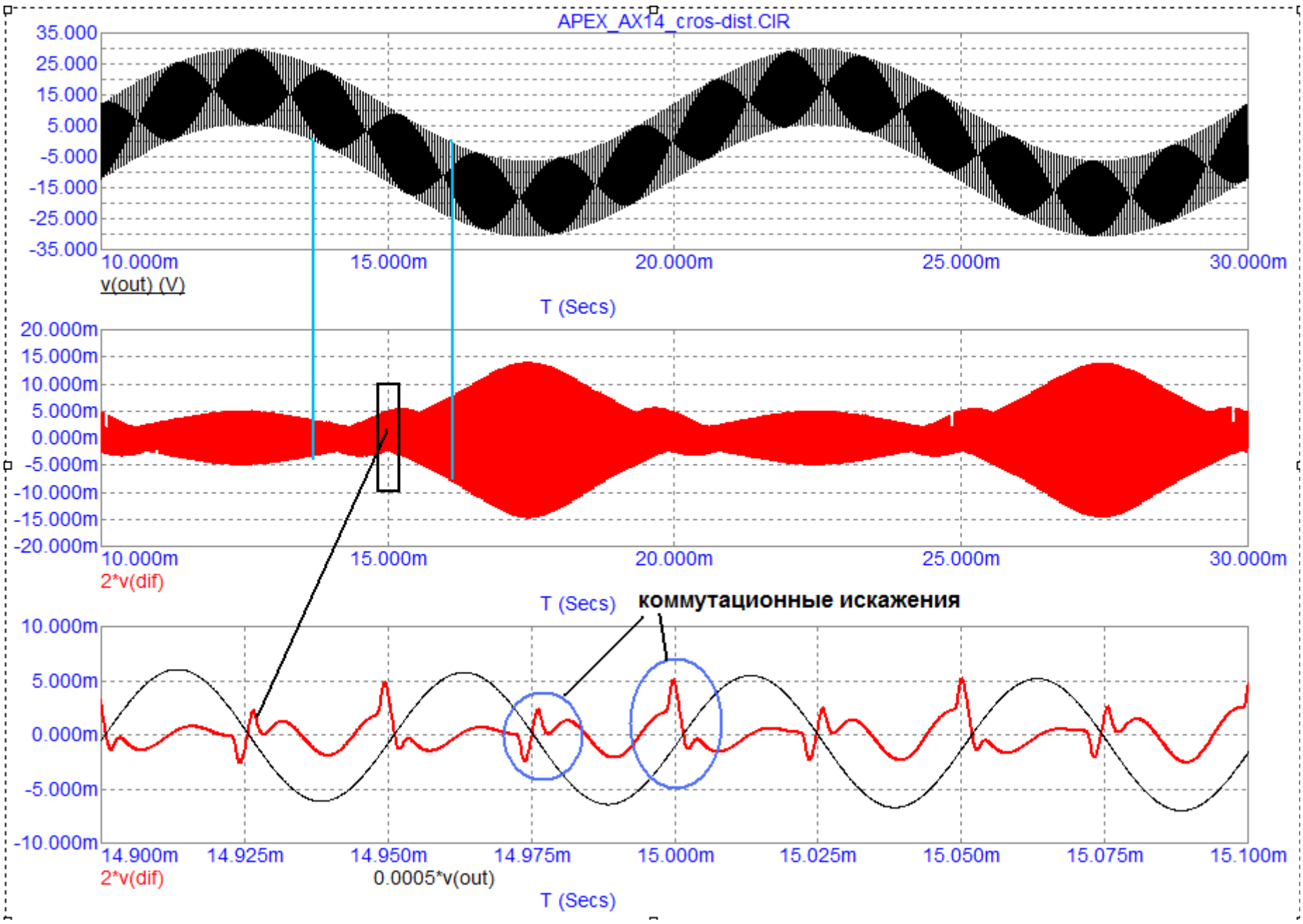

Рис. 12

Из осциллограмм видно что в нижнем плече начинается ранний рост искажений несмотря на запас по питанию 10 В

Принято считать что удовлетворительного звуковоспроизведения полоса полной мощности должна быть не менее 200 кГц. Т.е. иметь 10-ти кратный запас. Проверим усиление сигнала частотой 150 кГц, рис. 13

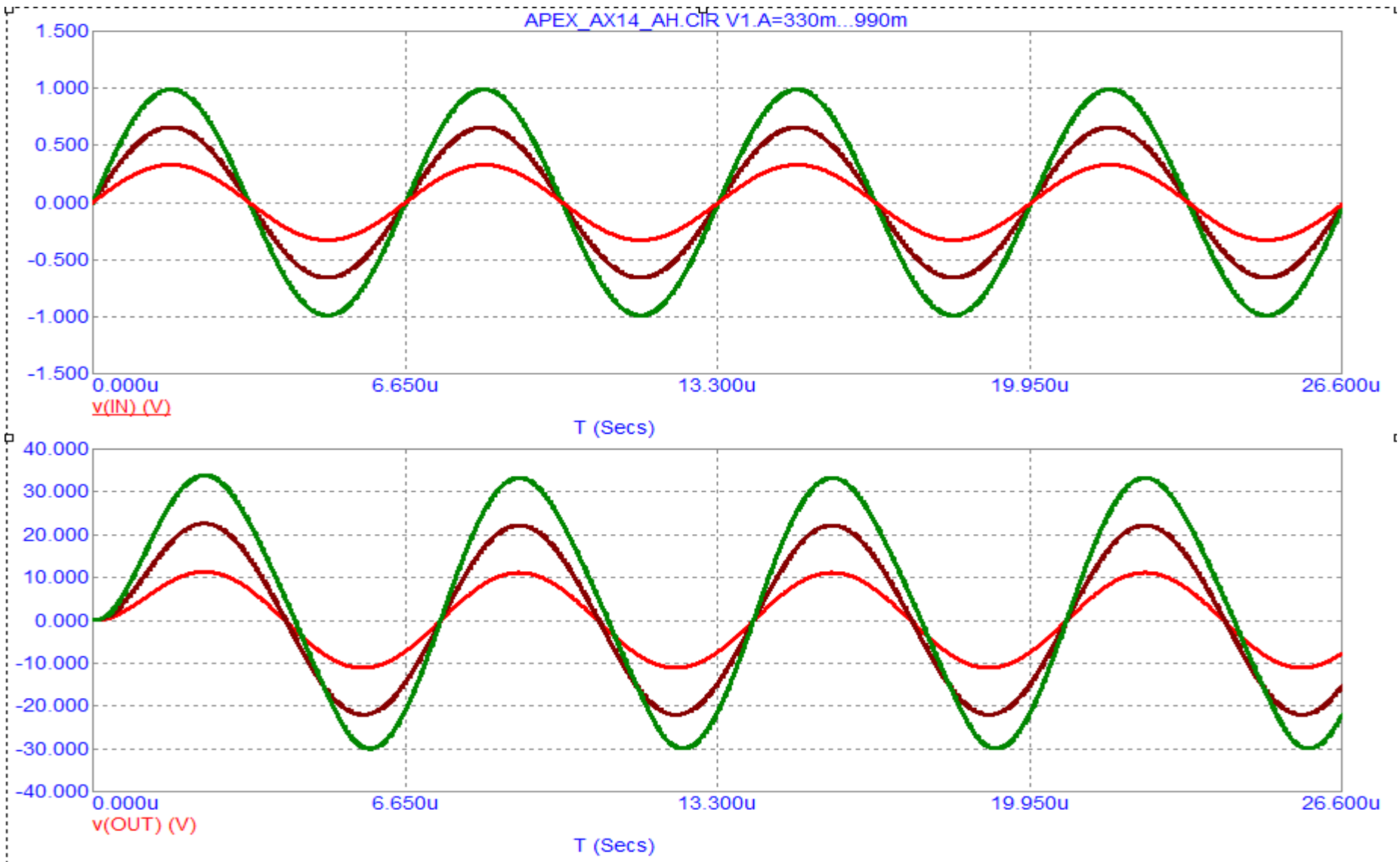

Рис. 13

Если до 20 В(пик) в установившемся режиме сигнал не имеет явно выраженных искажений, дальнейший рост сигнала сопровождается появлением TIM-искажений.

Но вернемся к диаграмме Боде и снимем ее с С7=6,8 пФ, рис. 14

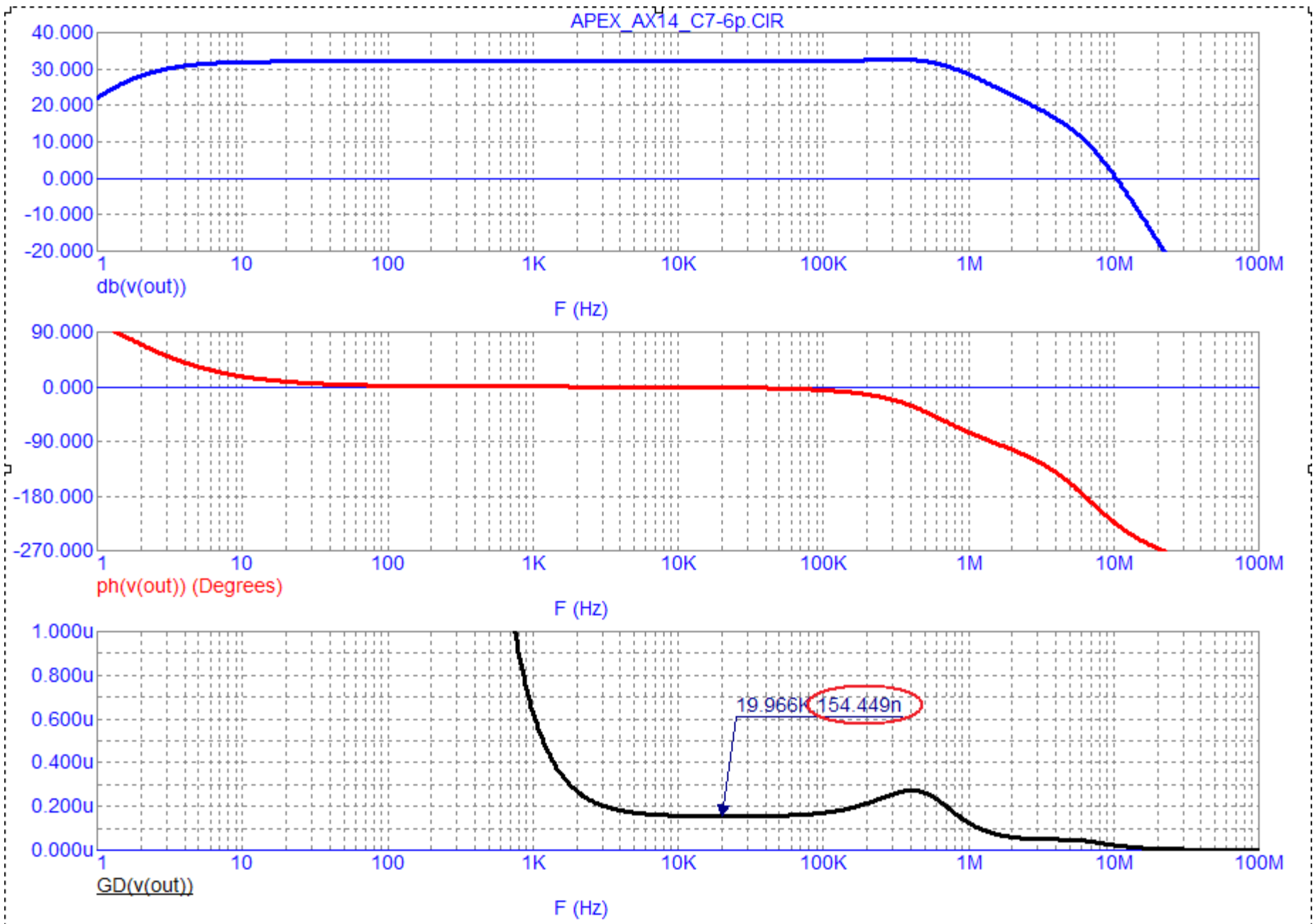

Рис. 14

Как видно из рисунка 14 с уменьшением емкости конденсатора С7 время задержки прохождения сигнала уменьшается более чем в 4 раза. Соответственно улучшатся и другие параметры кроме коммутационных искажений.

Для уменьшения переходных процессов следует увеличить емкость конденсатора С6 (рис. 1) в 5...10 раз.
Хочется надеятся что результаты моделирования подтвердятся и в железе.

анализ модели провел по просьбе 35101

успехов!
Александр Петров