

Обратная связь в ламповых драйверах

Обратимся к статье Нормана Корена Feedback and Fidelity

<http://www.normankoren.com/Audio/FeedbackFidelity.html>

В ней автор приводит схему лампового драйвера с малыми искажениями полученными с помощью ООС.

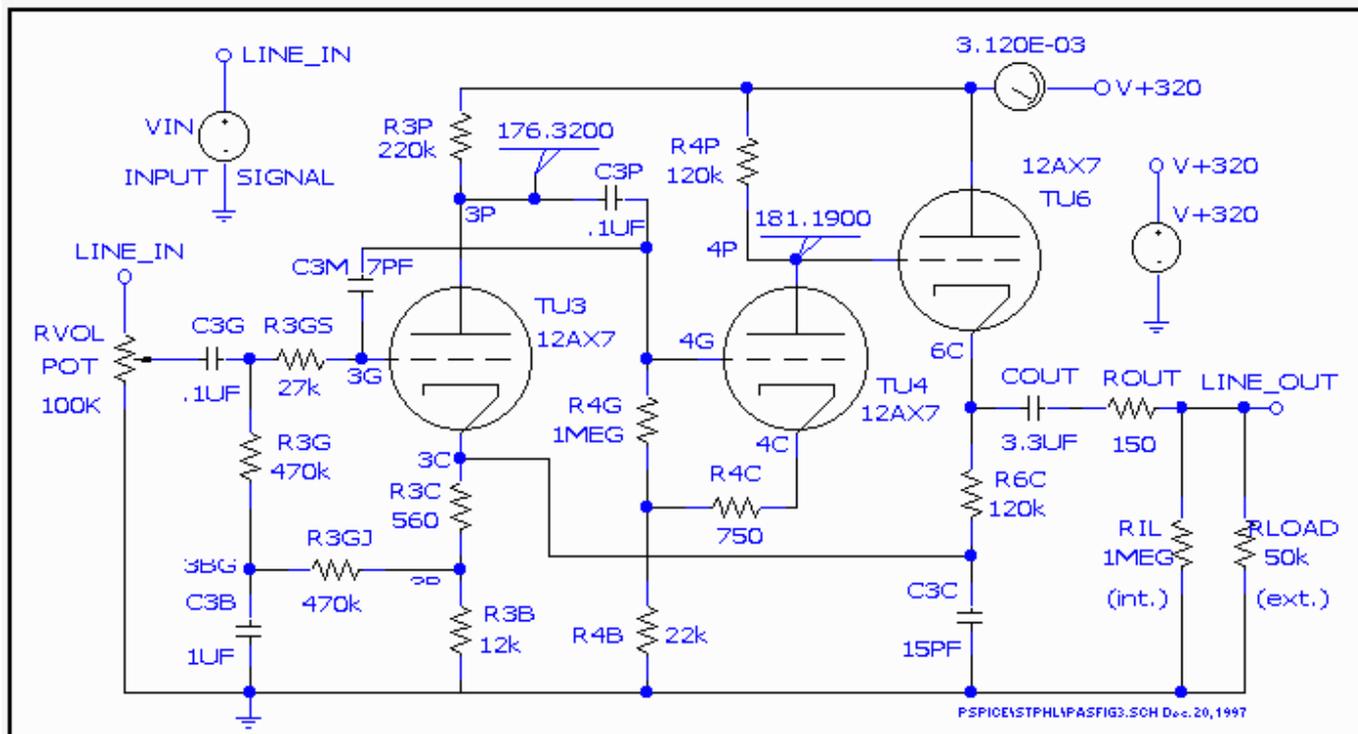


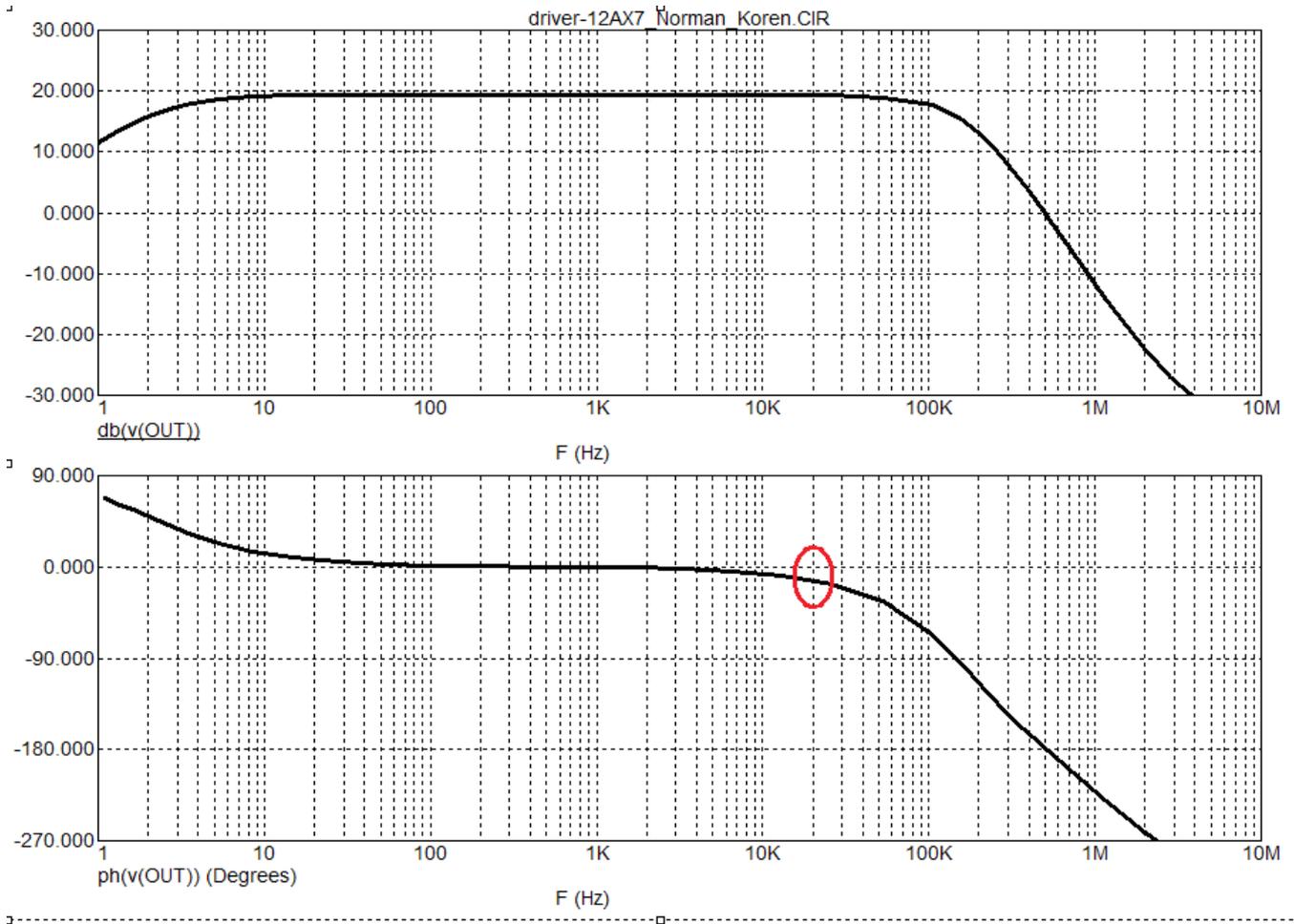
Figure 2. The modified PAS line amplifier.

При этом автор пишет:

Many readers may wonder how well digital simulation can unlock the secrets of analog electronics. In my experience it can do so astonishingly well. I never cease to be amazed by how closely measurements match SPICE simulations.

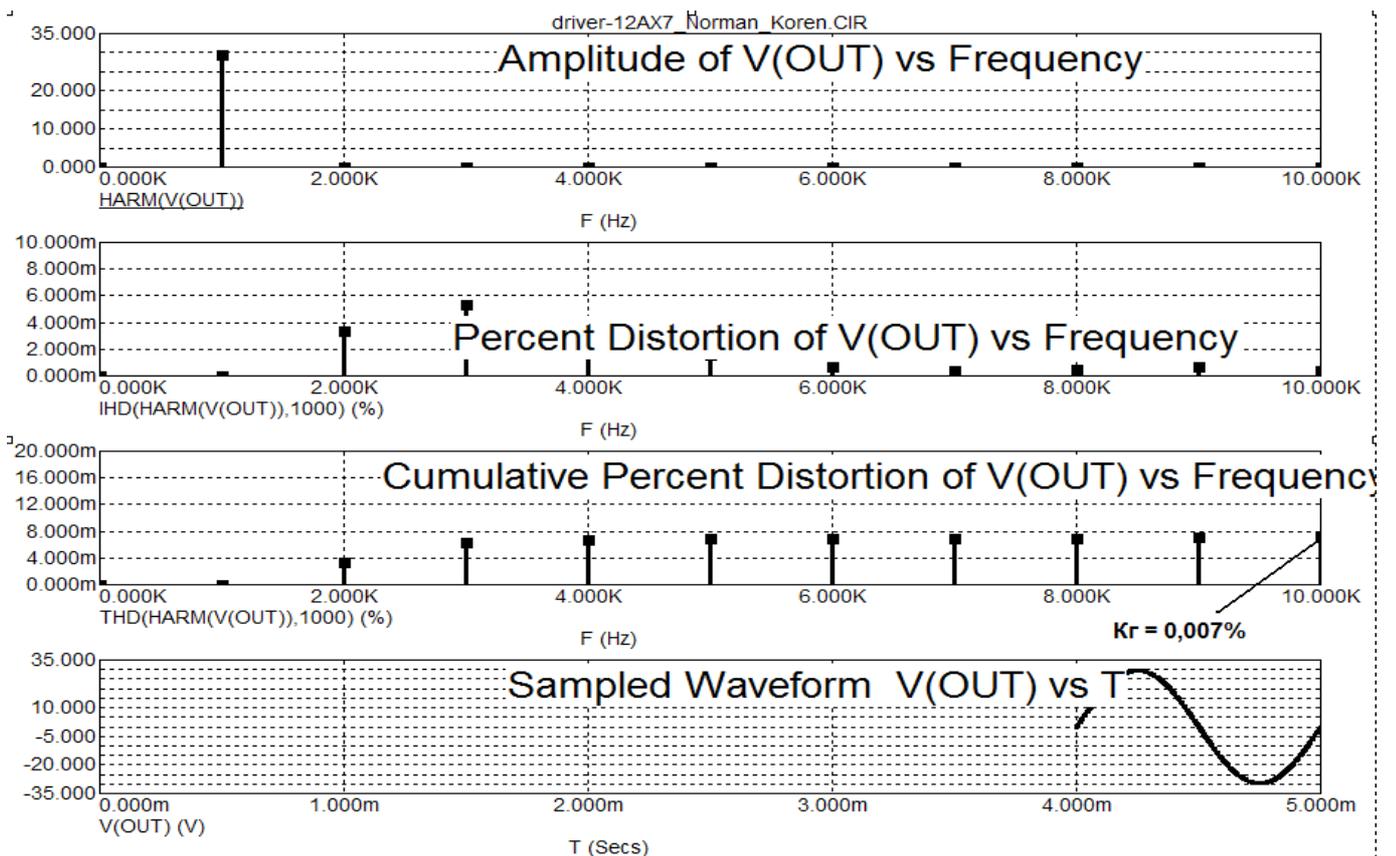
Многие читатели могут задаться вопросом, насколько хорошо цифровое моделирование может раскрыть секреты аналоговой электроники. По моему опыту это может сделать удивительно хорошо. Я не перестаю удивляться, насколько тесно измерения соответствуют моделированиям SPICE.

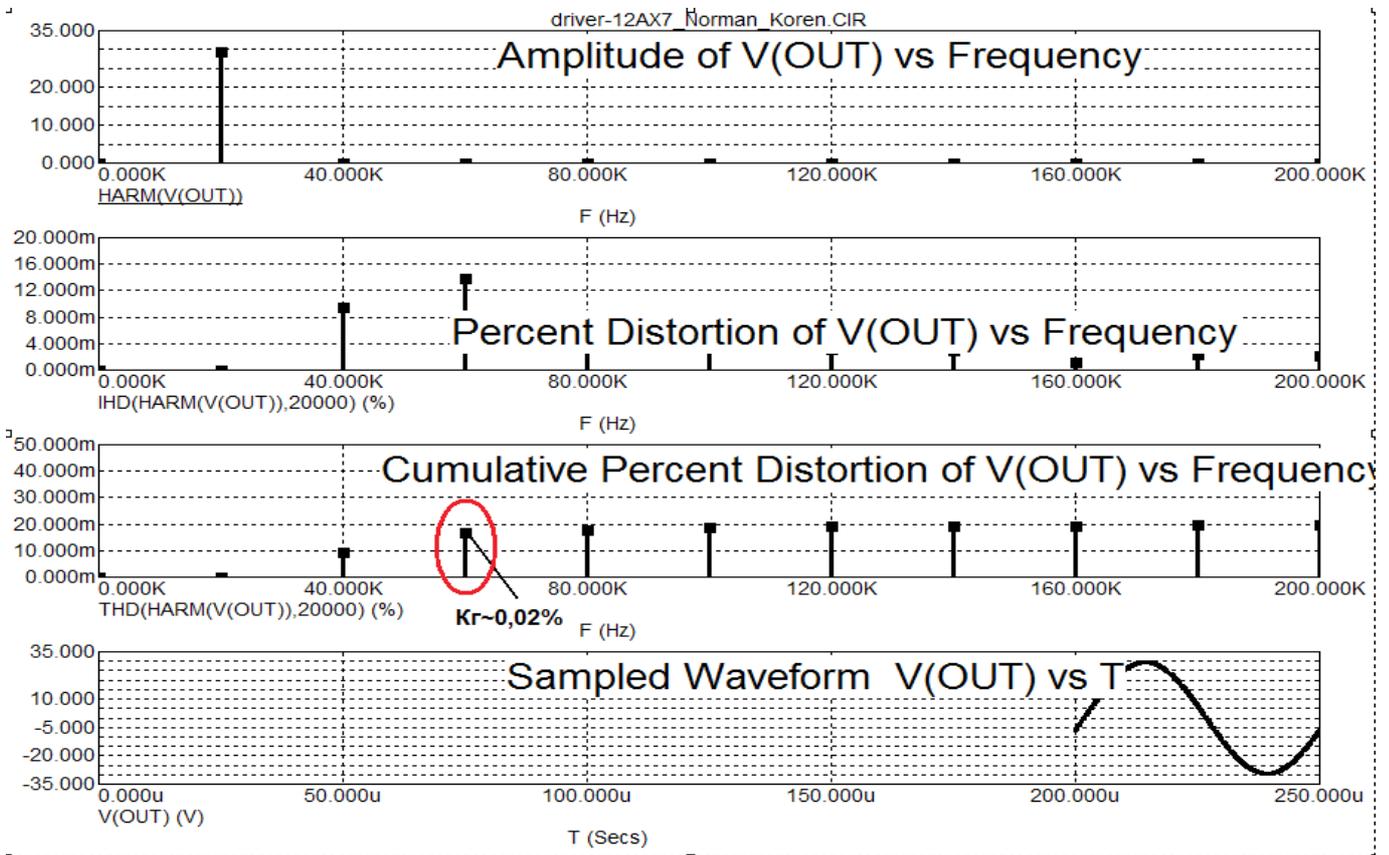
Попробуем разобраться
Для начала снимем диаграмму Боде



Из диаграммы видно, что полоса пропускания на уровне -3дБ примерно с 3 Гц и до 100 кГц. Известно что фаза начинает крутиться с частоты на порядок ниже для верхней частоты среза и на порядок выше для нижней частоты среза. Поэтому на частотах 20 Гц и 20 кГц мы наблюдаем фазовые сдвиги.

Измерим Кг традиционным способом, т. е. в установившемся режиме на частоте 1 и 20 кГц

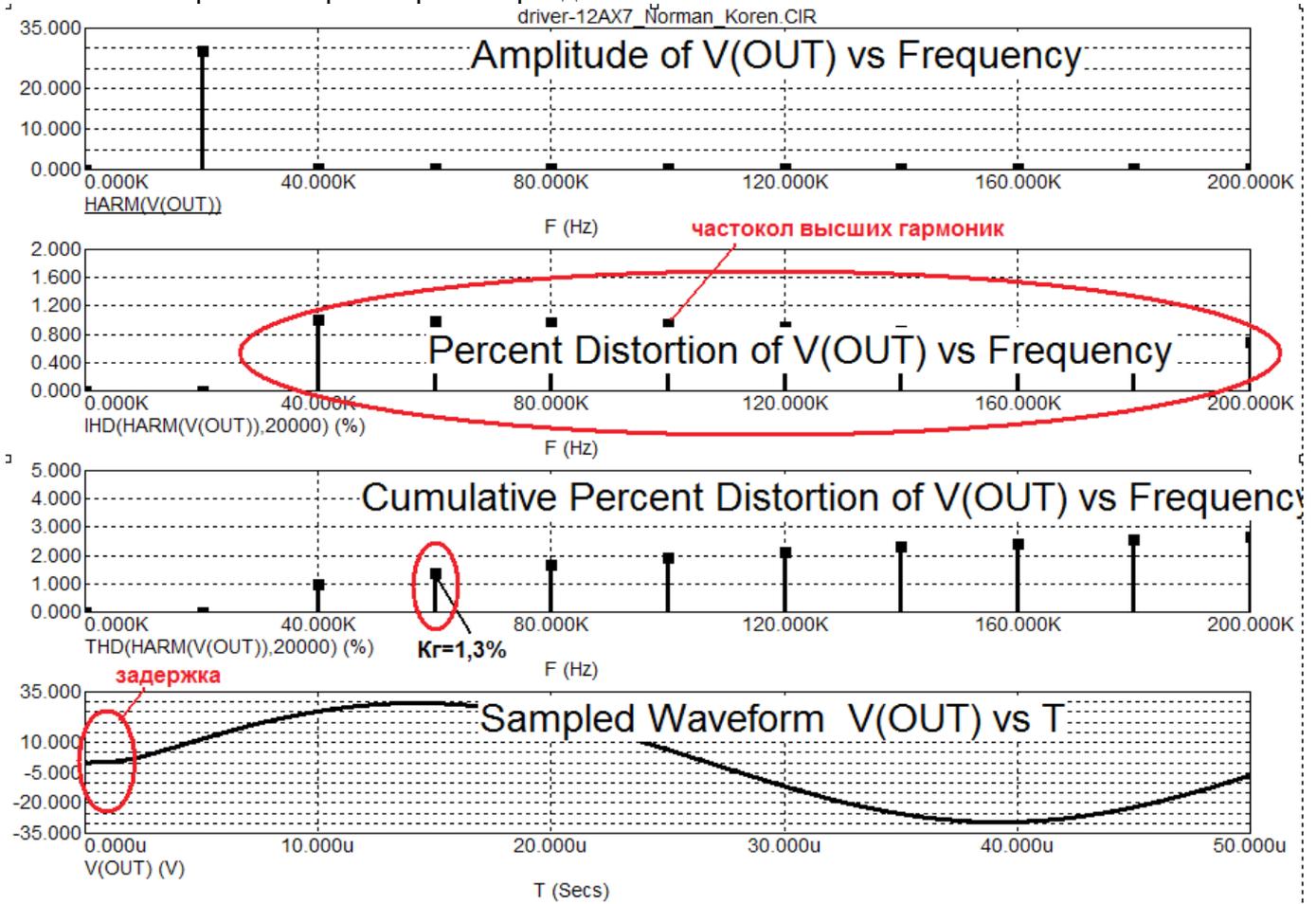




На частоте 1 кГц смотрим K_r по первым 9-ти гармоникам так как они входят в звуковой диапазон частот. Он равен всего 0,007% что является хорошим показателем.

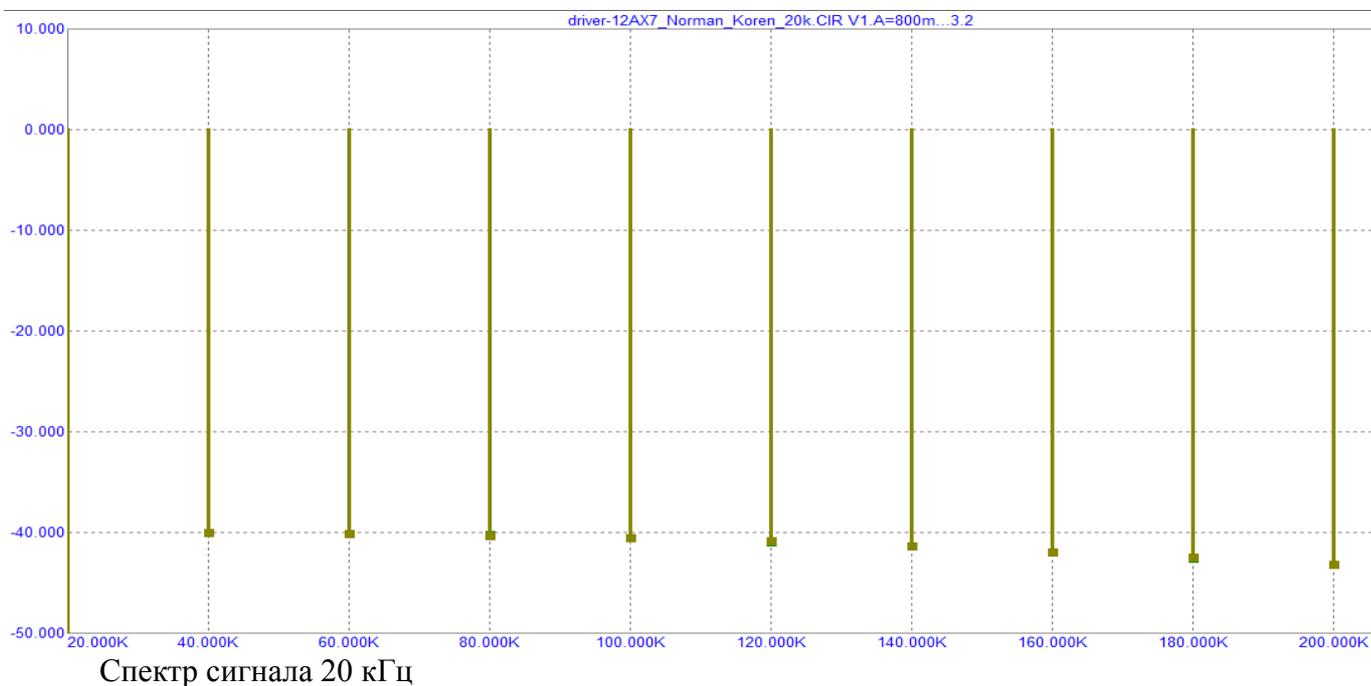
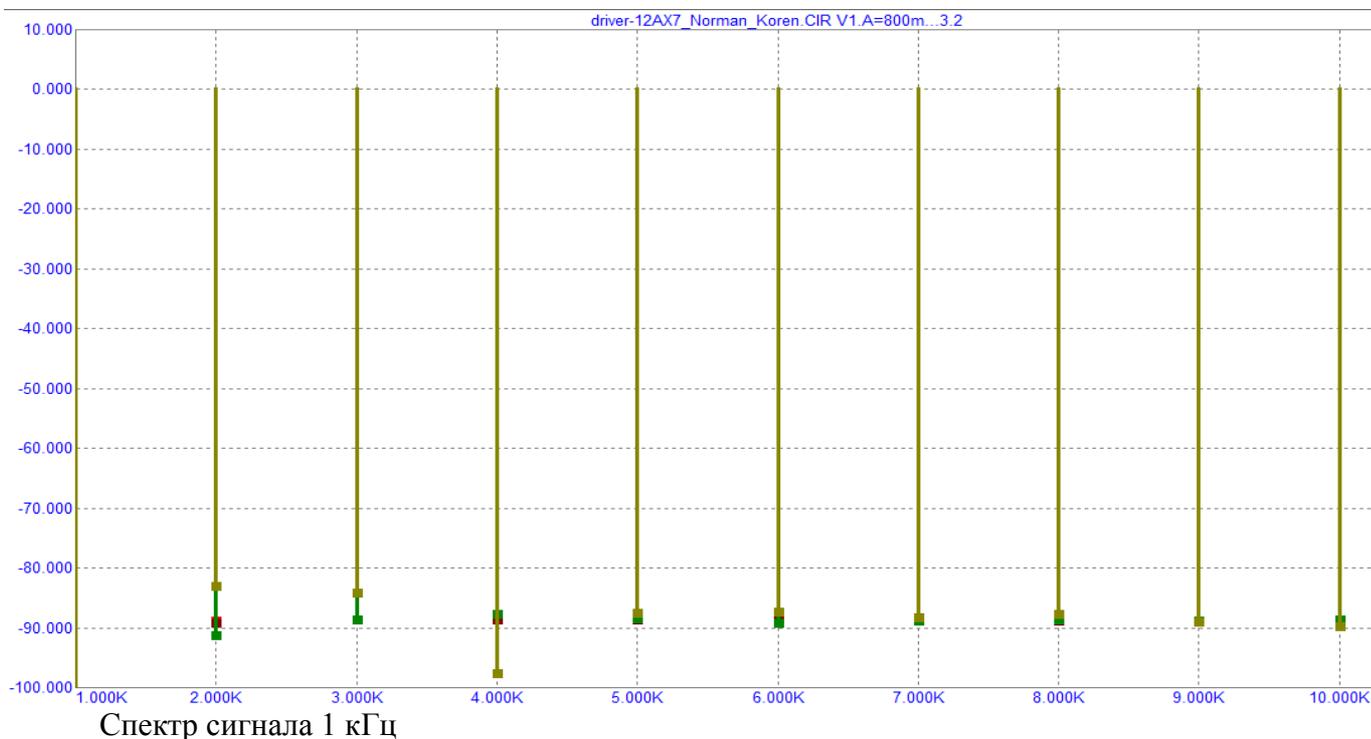
На частоте 20 кГц K_r возьмем по 2-й и 3-й гармонике, $K_r = 0,02\%$. Кажется бы тоже неплохой результат.

Посмотрим спектр на первом периоде



Здесь мы наблюдаем частоты высших гармоник, заметную задержку сигнала и $K_T=1,3\%$. Представляю как в который раз «ученые мужи» начнут возмущаться, мол это линейные искажения! и к нелинейным они не имеют никакого отношения, что я ввожу в заблуждение. Но позвольте, линейные искажения легко исправляются регулировками АЧХ (например, с помощью многополосного эквалайзера). Но в данном случае АЧХ линейна! Какие необходимо сделать регулировки чтобы исправить положение?

Ну и наконец посмотрим спектры на частотах 1 и 20 кГц



И это я не касался выходного сопротивления такого драйвера и его нагрузочной способности. Не думаю что с такими параметрами этот драйвер можно рекомендовать для высококачественного звуковоспроизведения.

18 мая 2017 г.
краткий анализ провел
Александр Петров