

# Перевод усилителя Батя и его клонов на современную элементную базу (вариант 1)

Оригинальная схема усилителя [1] представлена на рис. 1а)

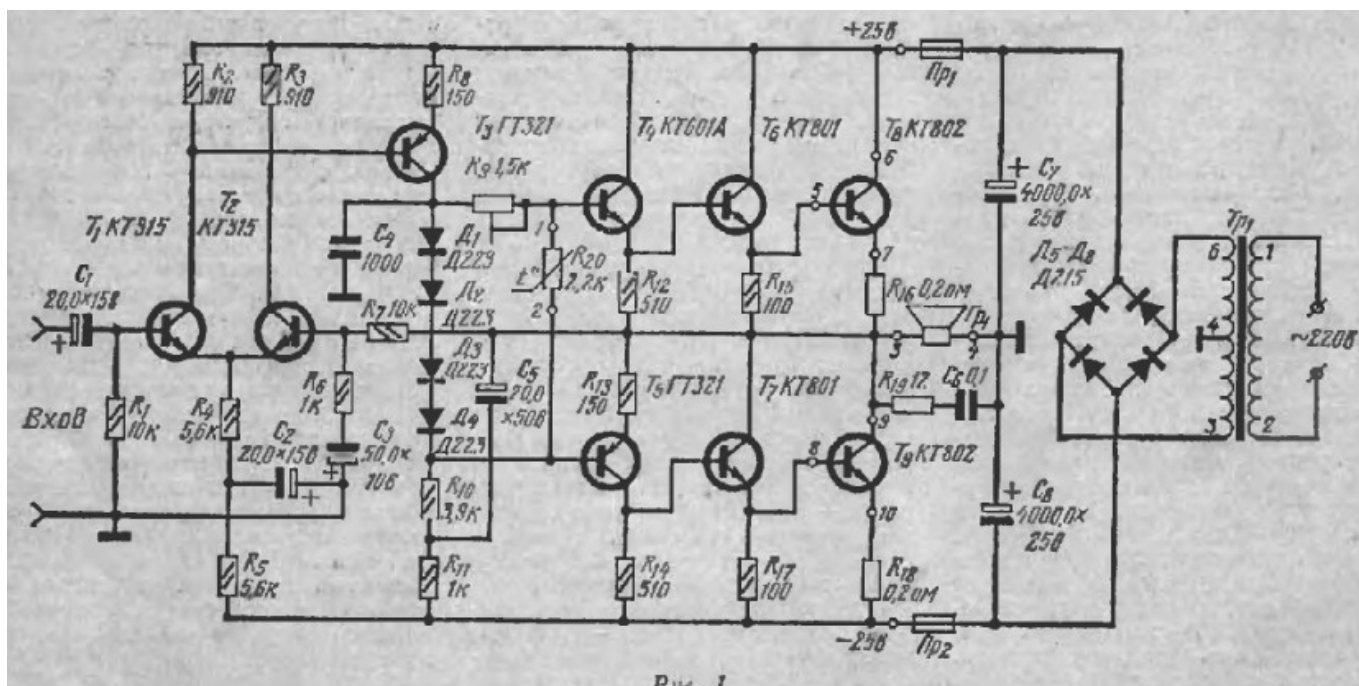


Рис. 1а). Схема усилителя электрическая принципиальная

Сразу после публикации я повторил эту схему в железе. В качестве выходных транзисторов использовал более высокочастотные транзисторы KT805. Качество звука по тем временам меня полностью устраивало.

После моделирования оригинальной схемы и ее анализа выяснились определенные недостатки которые желательно устранить при переводе на современную элементную базу.

Посмотрим что можно выжать с данной схемы используя современные транзисторы при минимальной доработке которую могли бы выполнить в том числе и начинающие радиолюбители. С целью упрощения схемы температурной стабилизации и ухода от необходимости применения терморезистора применена схема смещения в виде умножителя напряжения на транзисторе Q4 который устанавливают на корпусе теплоотвода. Дополнительная схема выделена квадратом и может быть выполнена в виде отдельной платы. Ток ДК несколько увеличен уменьшением резистора R4. С целью расширения полосы пропускания и исключения ТИМ-искажений ток УН увеличен с 5 до 12 мА уменьшением резистора R10. С целью уменьшения коммутационных искажений ток покоя ВК увеличен с 50...70 до 100...120 мА.

С целью улучшения PSRR по плюсовой шине добавлен RC-фильтр (R17, C2). Емкости конденсаторов C1, C2 и C5 увеличены. На выходе модели добавлена индуктивность 0,1 мкГн (такую индуктивность имеет проводник длиной 10 см и диаметром 1 мм). С целью уменьшения коммутационных искажений ток покоя увеличен с 50...70 мА до 100...120 мА. При моделировании использованы модели транзисторов доработанные Бобом Корделлом.

Диаграмма Бод доработанного варианта показана на рис. 1.

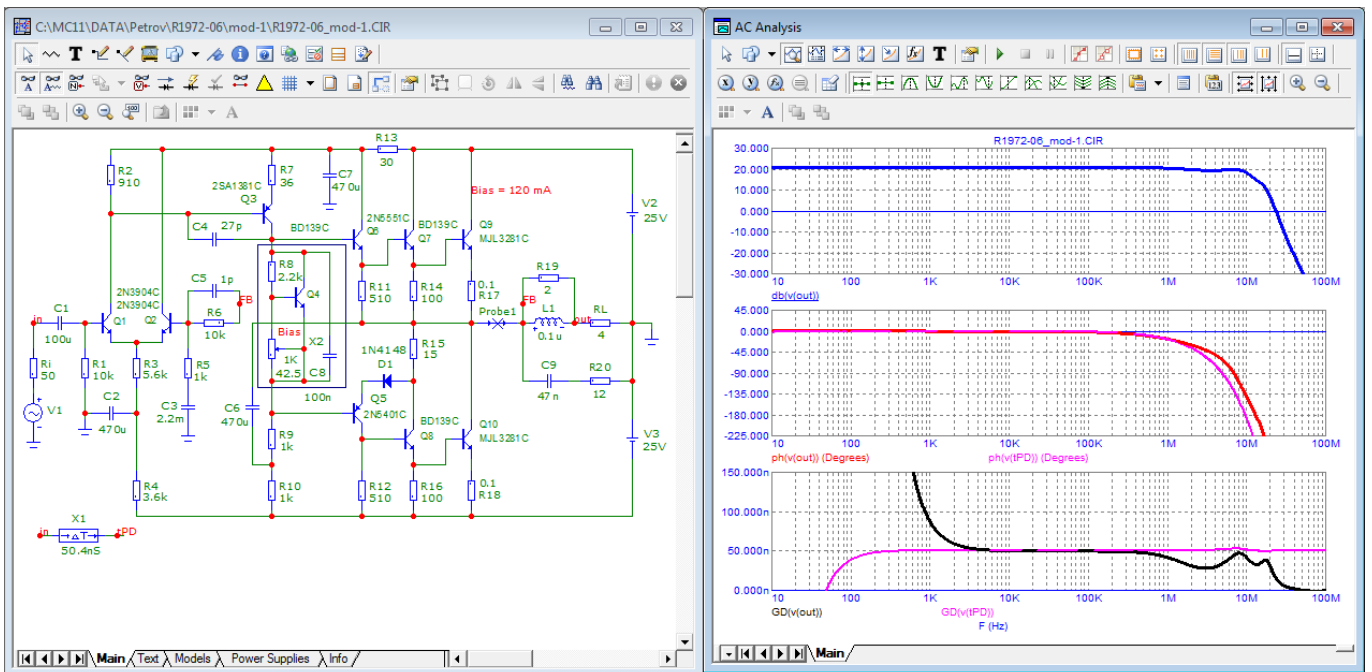


Рис. 1. Схема модели и диаграмма Бодэ модифицированного варианта.

Как видим время задержки прохождения сигнала ( $t_{PD}$  - time Propagation Delay) равно 50 нс (уменьшилось более чем в 3 раза) и постоянно от нескольких кГц до 500 кГц.

Диаграмма петлевого усиления показана на рис. 2.

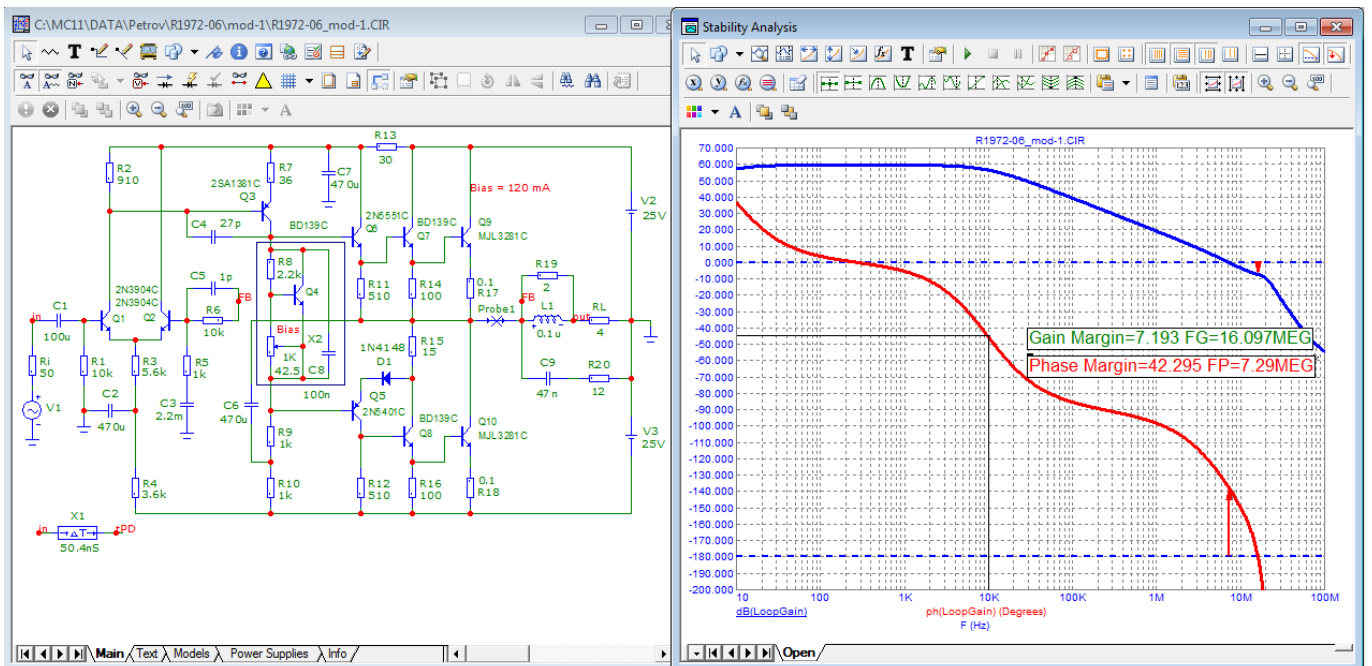


Рис. 2. Диаграмма петлевого усиления

Как видим частота первого полюса практически не изменилась, а петлевое усиление на частоте 20 кГц выросло на 20 дБ (10 раз). Благодаря этому более чем на порядок снижены и искажения в частотной области.

Продукты искажений сигнала частотой 10 кГц измеренные с помощью режекторного фильтра показаны на рис. 3.

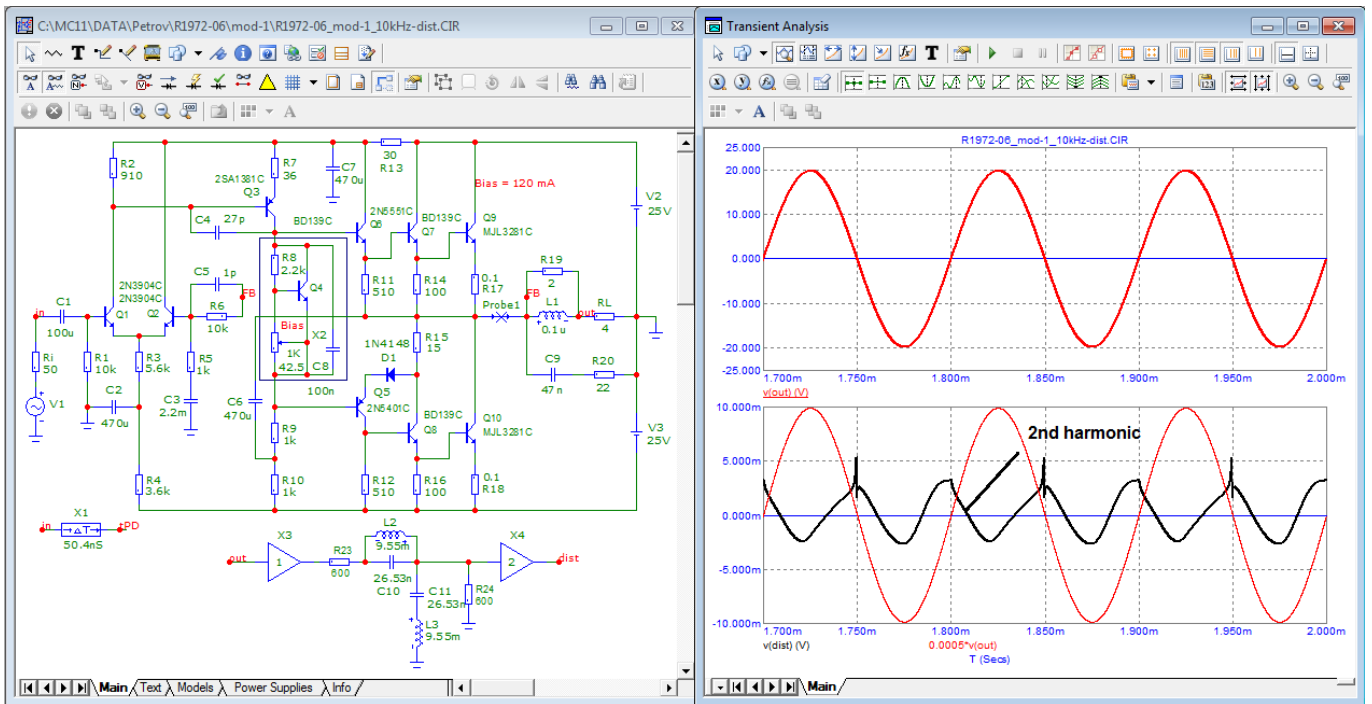


Рис. 3. Продукты искажений сигнала частотой 10 кГц.

Тест показал что в продуктах искажений преимущественно 2-я гармоника. На заднем фронте (склоне) сигнала имеют место коммутационные искажения. На нагрузке 8 Ом они практически отсутствуют.

Измерим уровень нелинейных искажений (THD) на частоте 10 кГц, рис. 4.

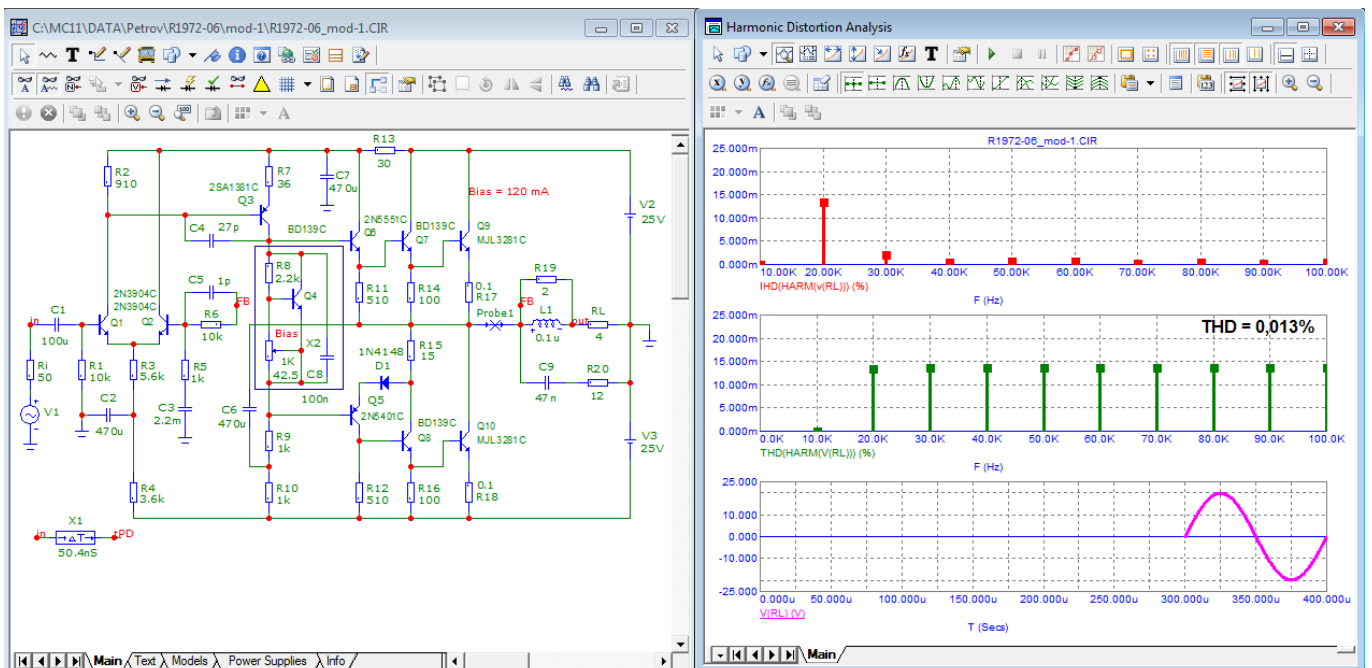


Рис. 4. Уровень Кг на частоте 10 кГц.

Тест с помощью БПФ также подтверждает наличие практически одной 2-й гармоники низкого уровня.

Многие разработчики придают большое значение искажениям первого Ватта, рис 5.

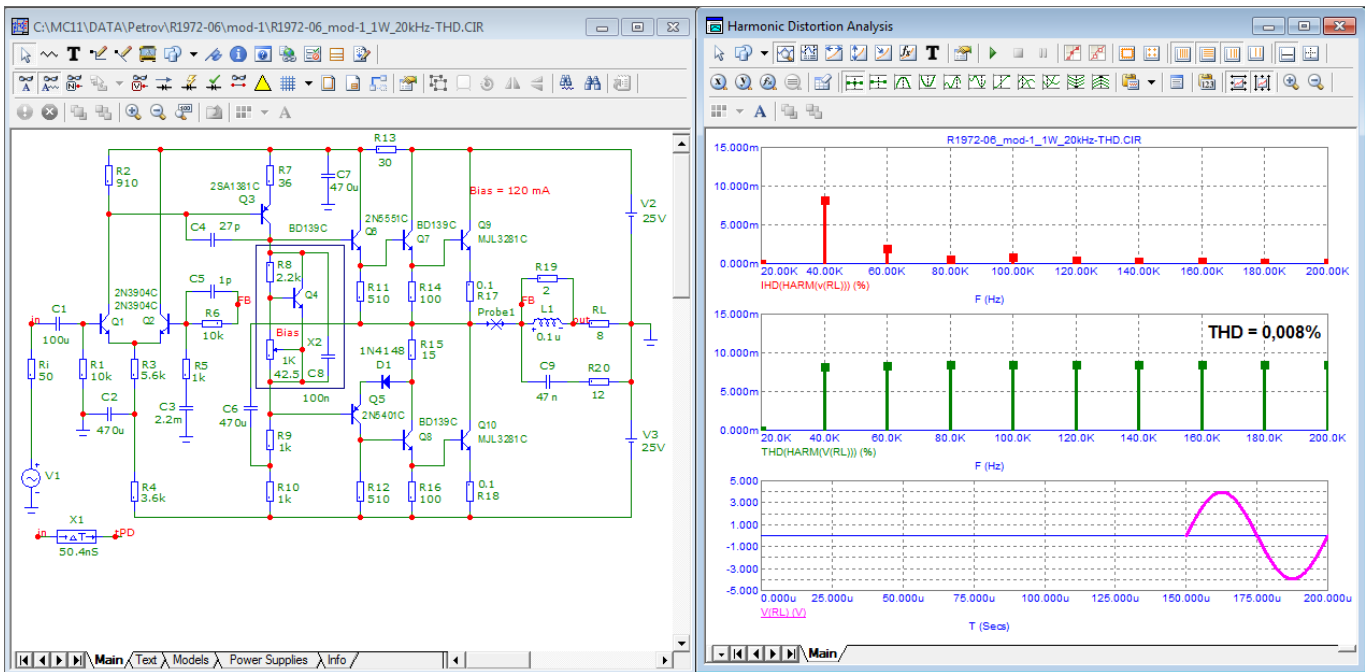


Рис. 5. Уровень THD на частоте 20 кГц при выходной мощности 1 Вт.

И при малой мощности сохраняется практически такой же характер спектра. По мнению ныне покойного Владимира Лэмм (Шушурина) именно такая зависимость продуктов искажений от выходной мощности гарантирует хорошее качество звука.

Проверим работу модели на частоте 250 кГц, рис. 6.

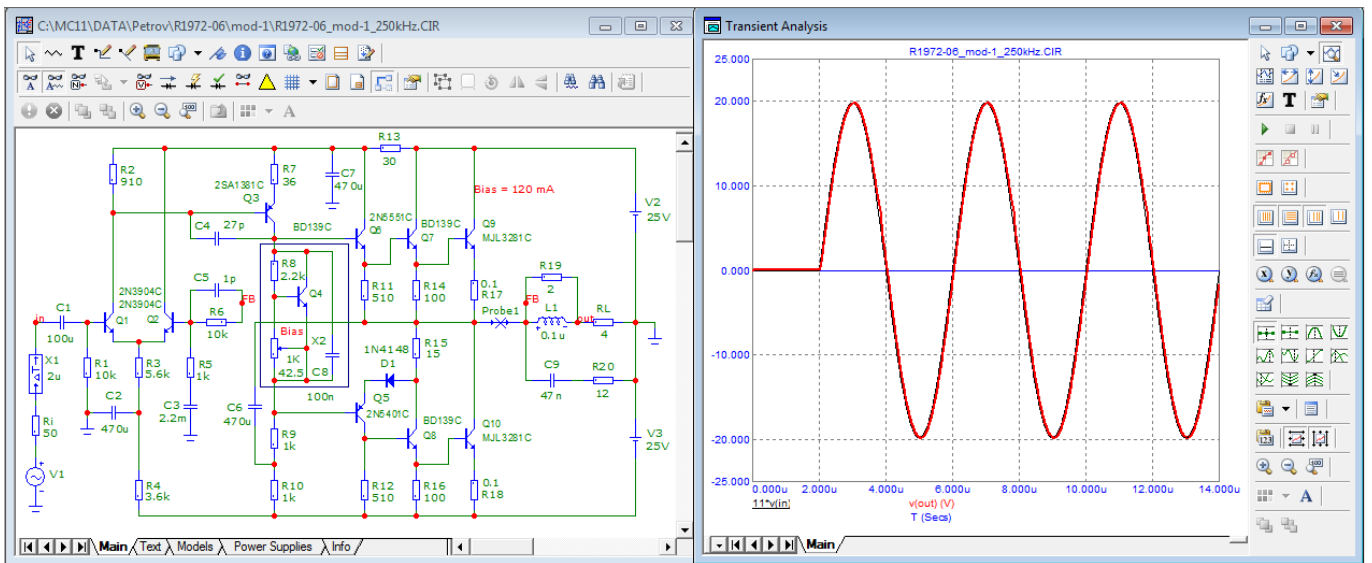


Рис. 6. Работа модели на частоте 250 кГц

Как видно из теста выходное напряжение без видимых искажений повторяет 1:1 входное напряжение приведенное к выходному уровню.

Проверим работу модели в режиме клиппирования на частоте 20 кГц, рис.7.

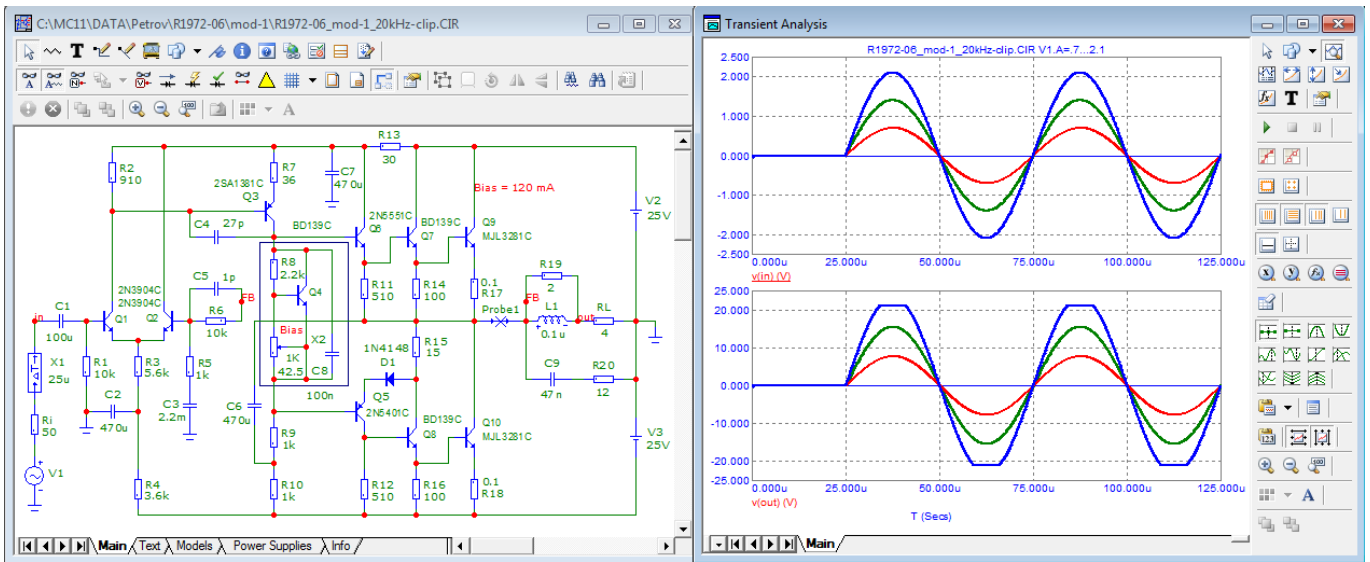


Рис. 7. Режим клиппирования на частоте 20 кГц.

Как видим клиппирование симметричное и без заметных задержек по окончании клиппирования.

Проверим искажения во временной области с помощью линейно нарастающего и линейно спадающего напряжения частотой 10 кГц, рис. 8.

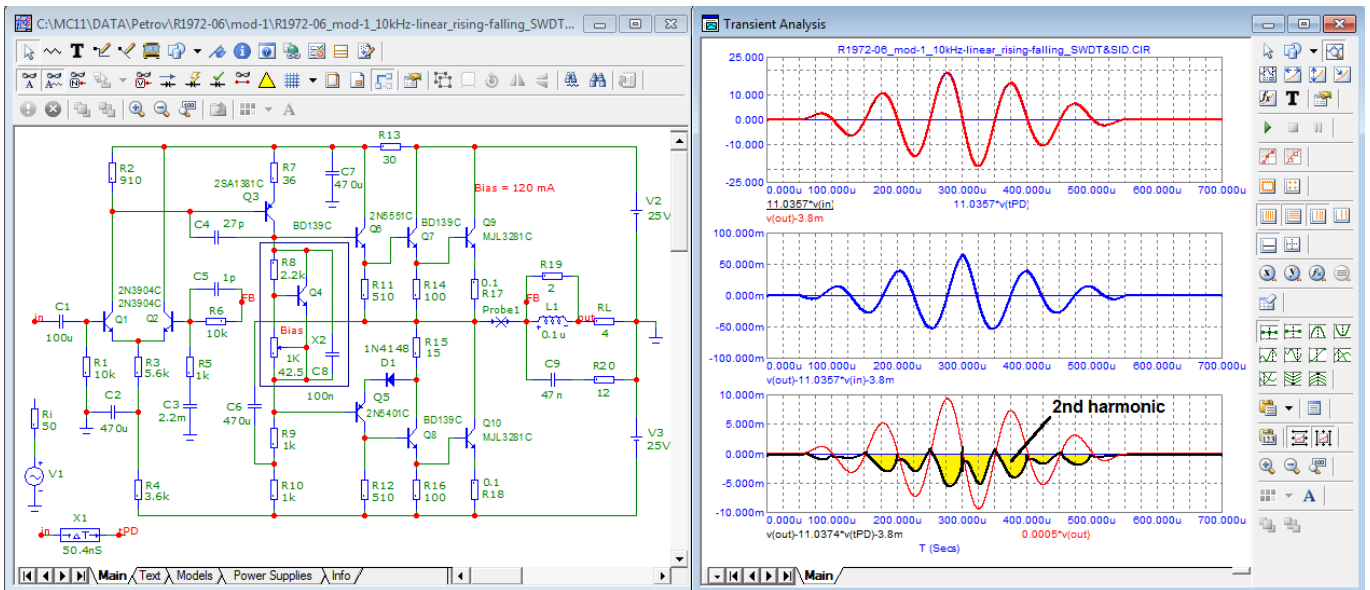


Рис. 8. Продукты искажений во временной области модулированного сигнала частотой 10 кГц.

Как показывает тест с помощью компенсационного метода тестирования продукты искажений связанные с вращением фронтов (склонов) сигнала отсутствуют. В продуктах искажений преобладает 2-я гармоника уровень которой зависит от амплитуды сигнала.

И напоследок проверим работу усилителя в малосигнальной области с помощью сигнала частотой 1 МГц на вершинах прямоугольного сигнала частотой 20 кГц в соотношении 1:5, рис. 9. Прямоугольный сигнал перед суммированием с сигналом 1 МГц обработан ФНЧ первого порядка с частотой среза 1 МГц.

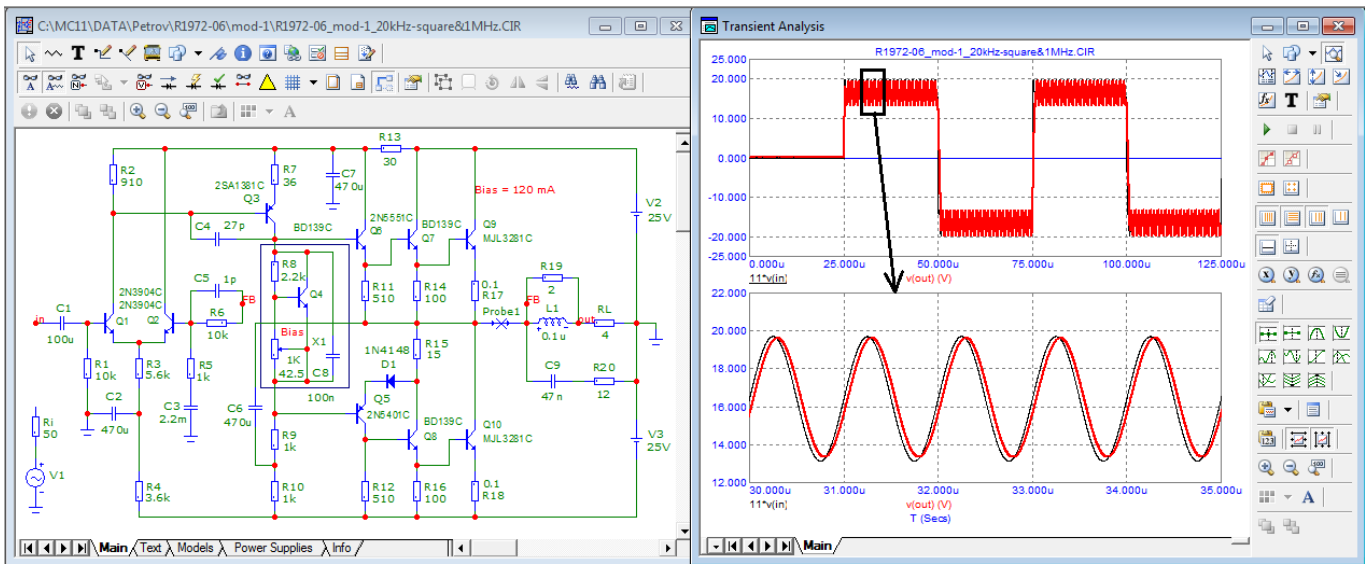


Рис. 9. Работа модели усилителя на частоте 1 МГц в малосигнальном режиме

Как видим сигнал частотой 1 МГц усиливается практически 1:1 без искажений и без существенной задержки во времени.

Хочется обратить внимание на одну особенность. Результаты приведенных тестов справедливы при работе модели от источника с низким выходным сопротивлением. С ростом сопротивления источника сигнала будет расти и время задержки прохождения сигнала (tPD). Поэтому для получения хороших результатов необходимо использовать регуляторы громкости небольшого сопротивления (например, не более 10 кОм) а еще лучше использовать на входе буфер или предварительный усилитель с низким выходным сопротивлением.

Следует отметить что с сопротивлением  $R_i = 2,5$  кОм, что соответствует потенциометру 10 кОм в среднем положении движка, время задержки прохождения сигнала в модели доработанного усилителя изменяется незначительно, рис. 10.

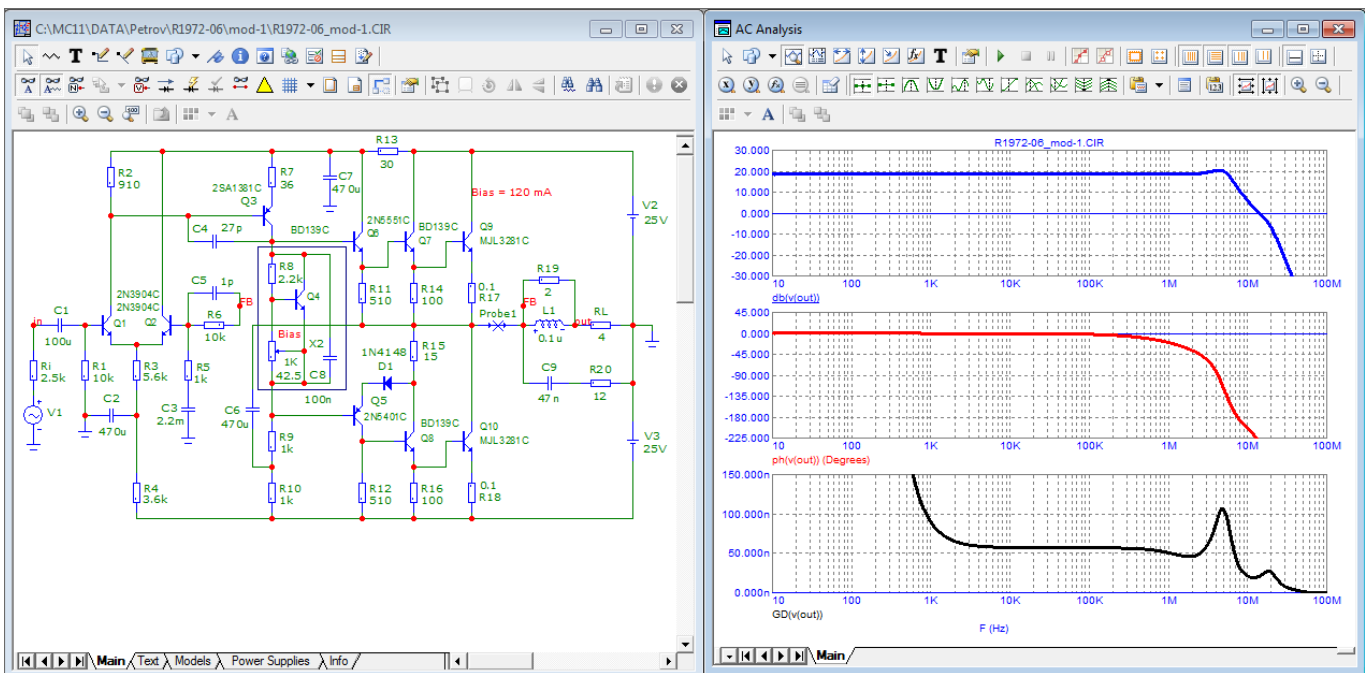


Рис. 10. Диаграмма Бодэ при выходном сопротивлении источника сигнала 2,5 кОм.

Вывод.

С переводом на современную элементную базу и при незначительной доработке параметры усилителя Батя улучшаются более чем на порядок. Характерная особенность усилителя — практически полное отсутствие искажений во временной области связанных

с вращением фронтов (склонов) сигналов.

И сегодня этот усилитель может радовать своих обладателей прекрасным звуком.  
Всем успехов в творчестве!

Литература:

1. С.Бать, В.Середа, Высококачественный усилитель НЧ, Радио 1972, №6

Александр Петров  
20.10 2024