

Изучение особенностей проектирования фотодиодных усилителей

Филатов Александр

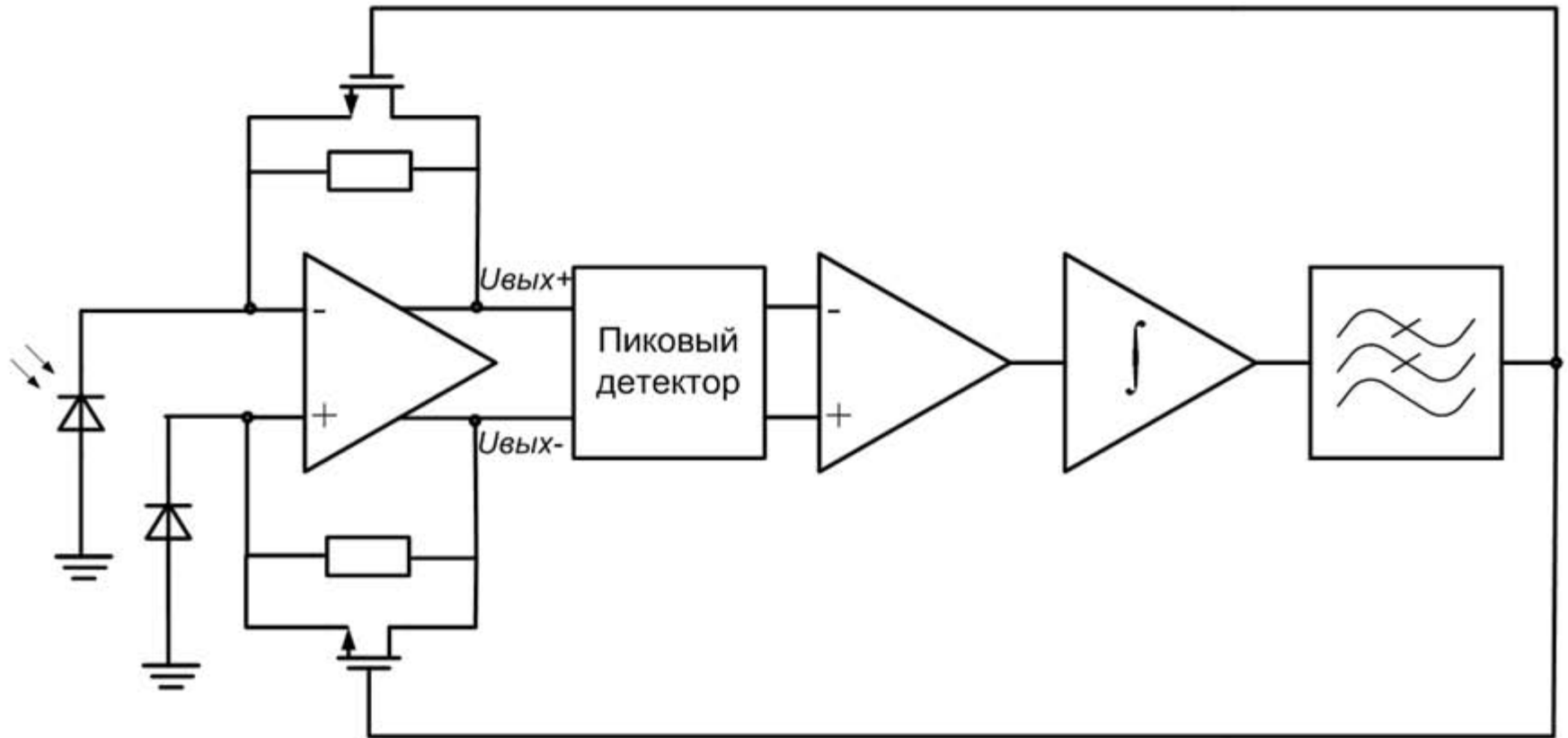
Исследовать возможность проектирования фотодиодного усилителя, обладающего:

- ❖ Возможностью работы в широком динамическом диапазоне входного сигнала
- ❖ Высокой помехоустойчивостью
- ❖ Возможностью работы при большой емкости фотодиода
- ❖ Небольшим количеством компонентов

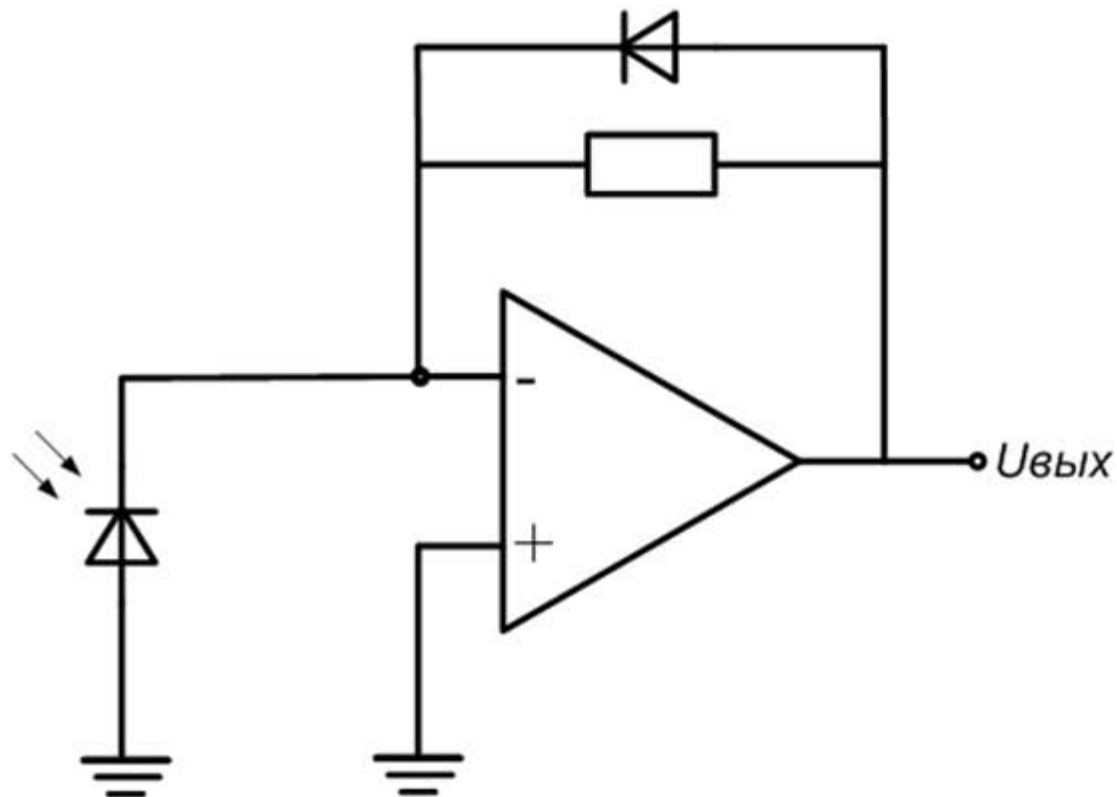
Задание

Параметр	Значение
Трансимпеданс, кОм	10
Скорость передачи данных, Мбит/с	10
Емкость фотодиода, пФ	20
Минимальная средняя входная оптическая мощность, дБм	-25
Максимальная средняя входная оптическая мощность, дБм	0
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС) на частоте 1 МГц, дБ	30
Коэффициент ослабления сигнала по питанию (КОСП) на частоте 1 МГц, дБ	30
Запас по фазе, °	45

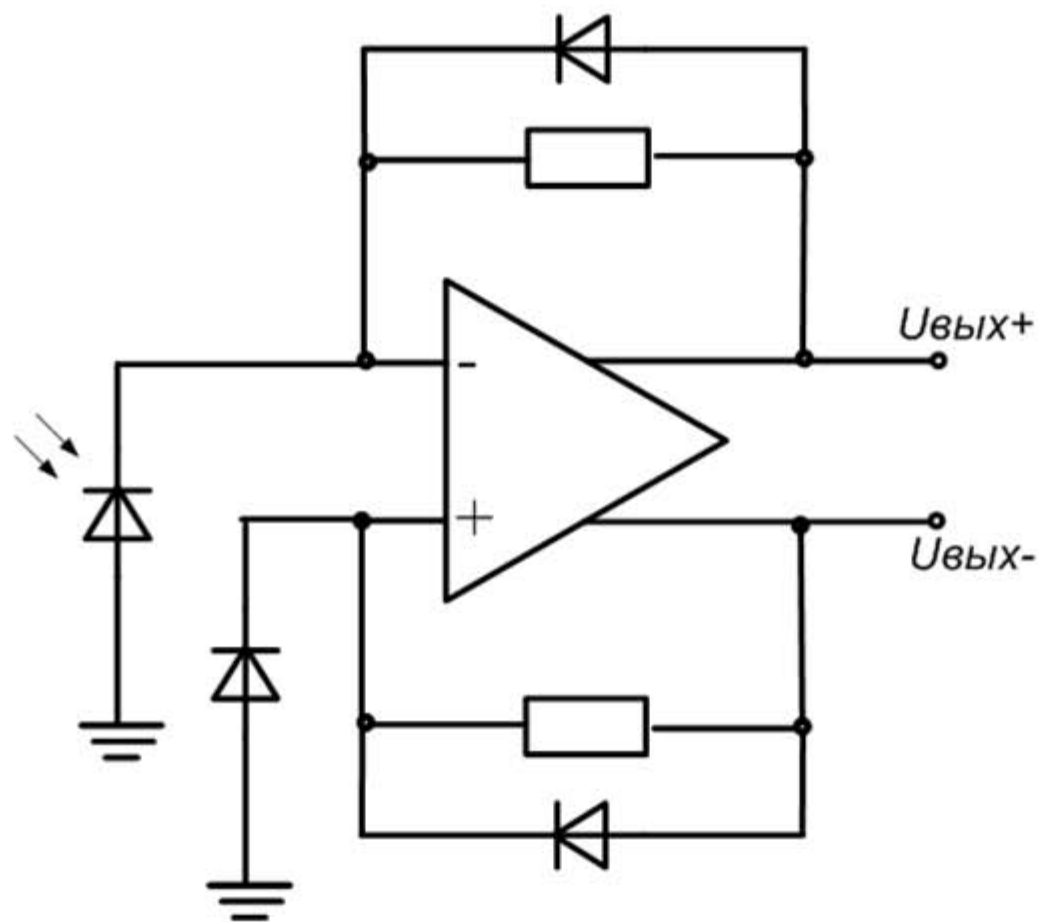
Существующие структуры фотодиодных усилителей



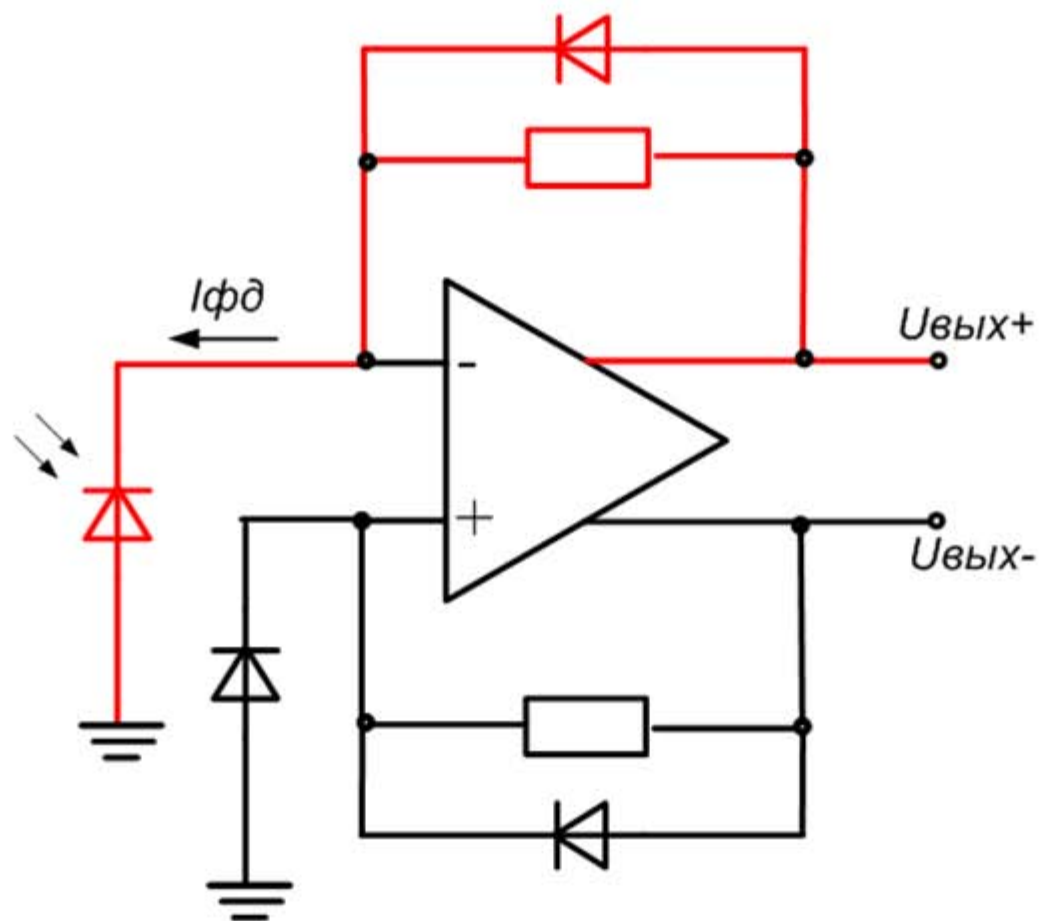
Существующие структуры фотодиодных усилителей



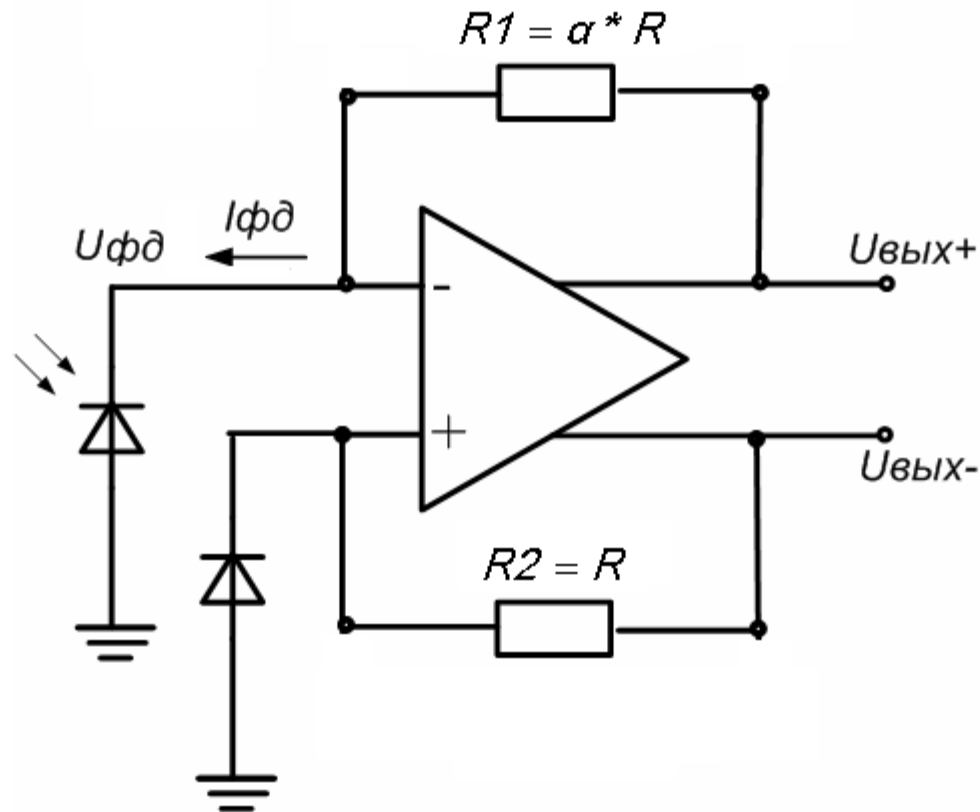
Анализируемая схема



Несбалансированная дифференциальная структура

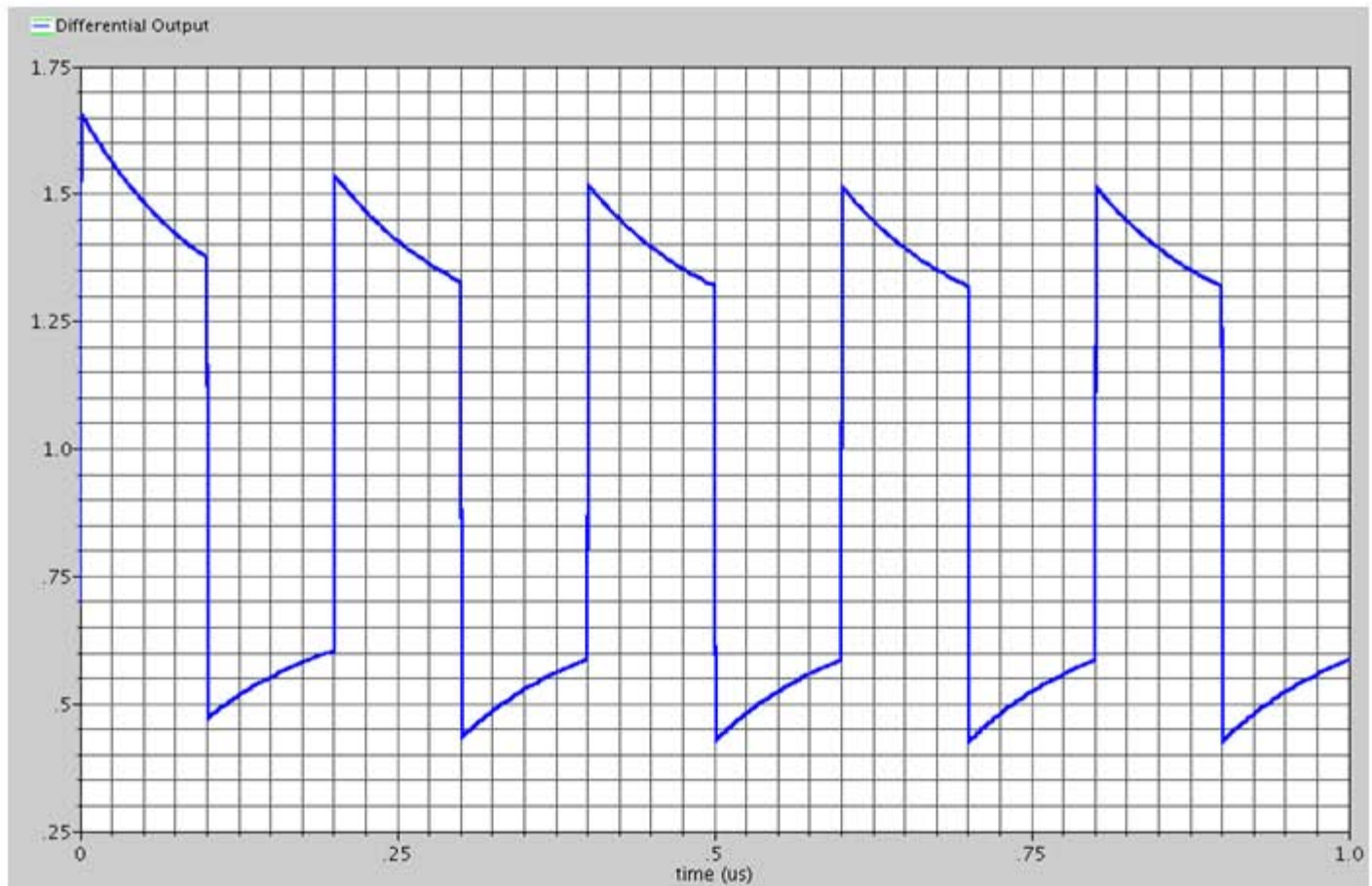


Передаточная функция

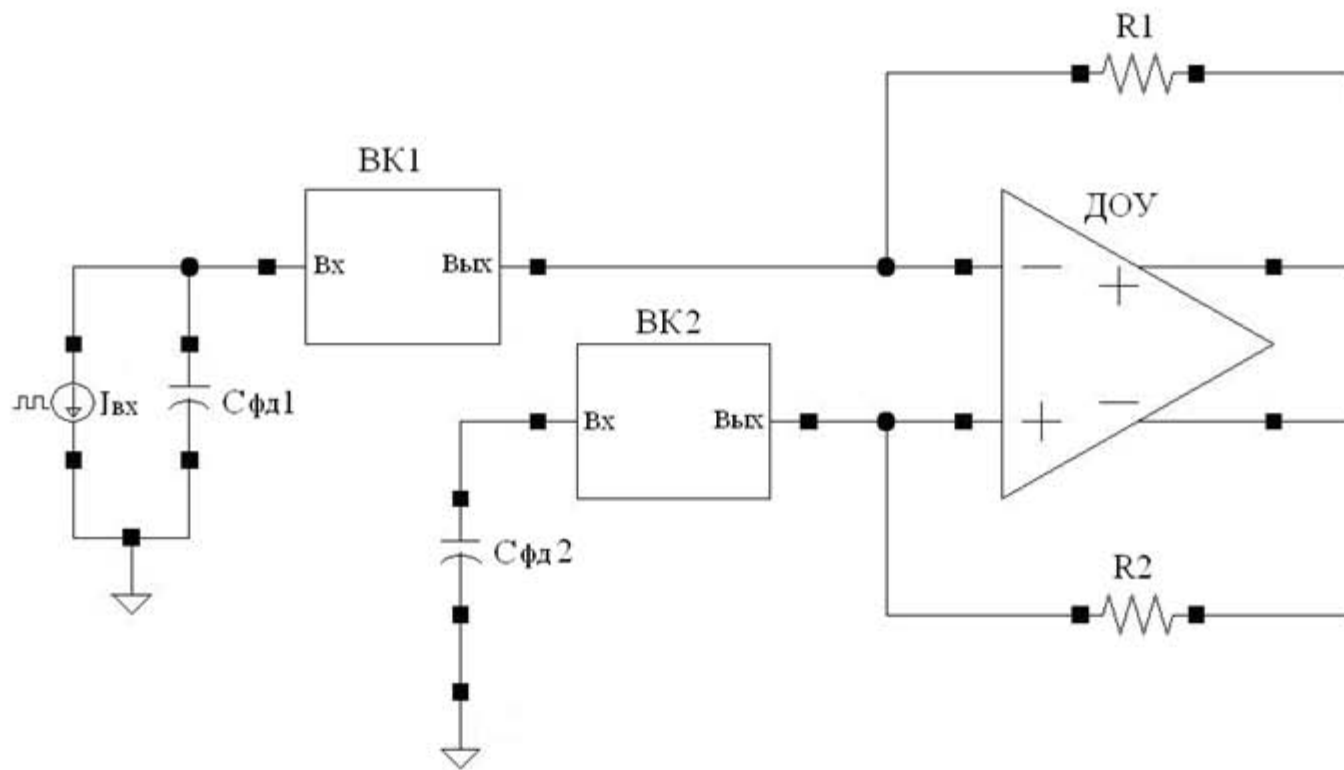


$$U_{\text{вых}} = \alpha * R * I_{\text{фд}} + (\alpha - 1) * R * C_{\text{ин}} * \frac{\partial U_{\text{фд}}}{\partial t}$$

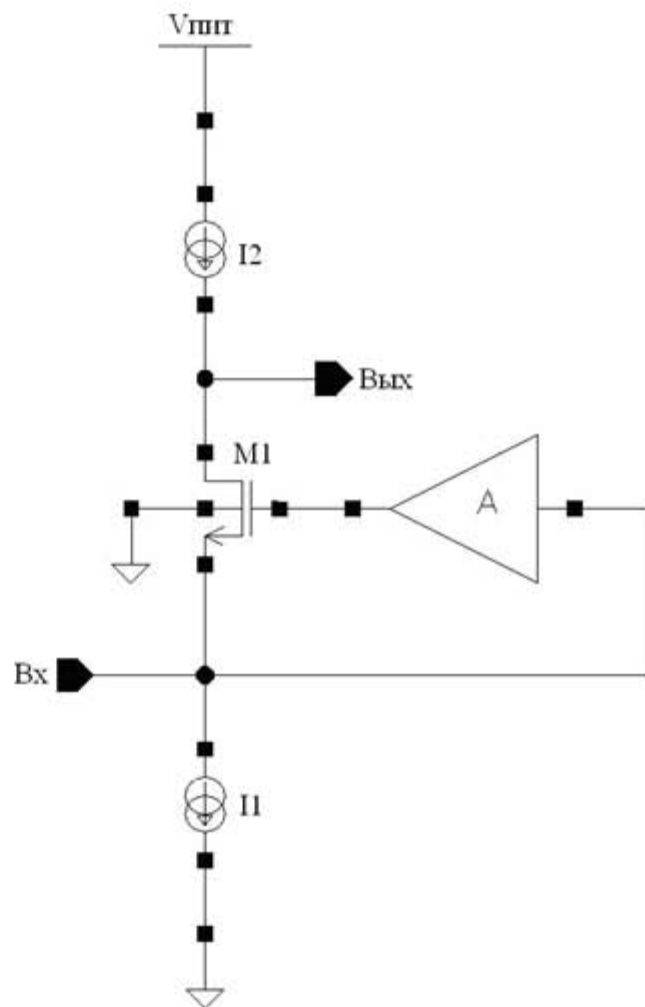
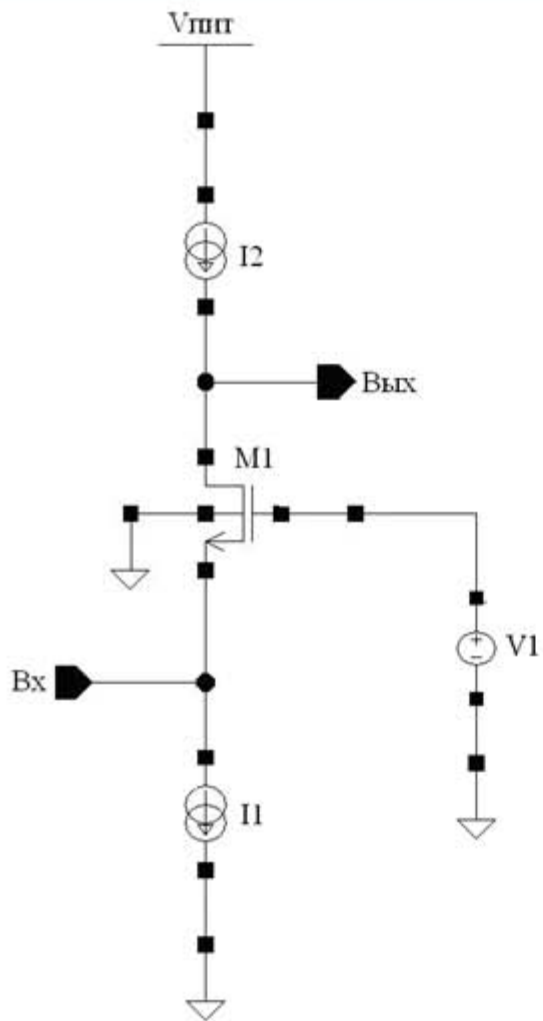
Влияние большой емкости фотодиода



Изоляция емкости фотодиода



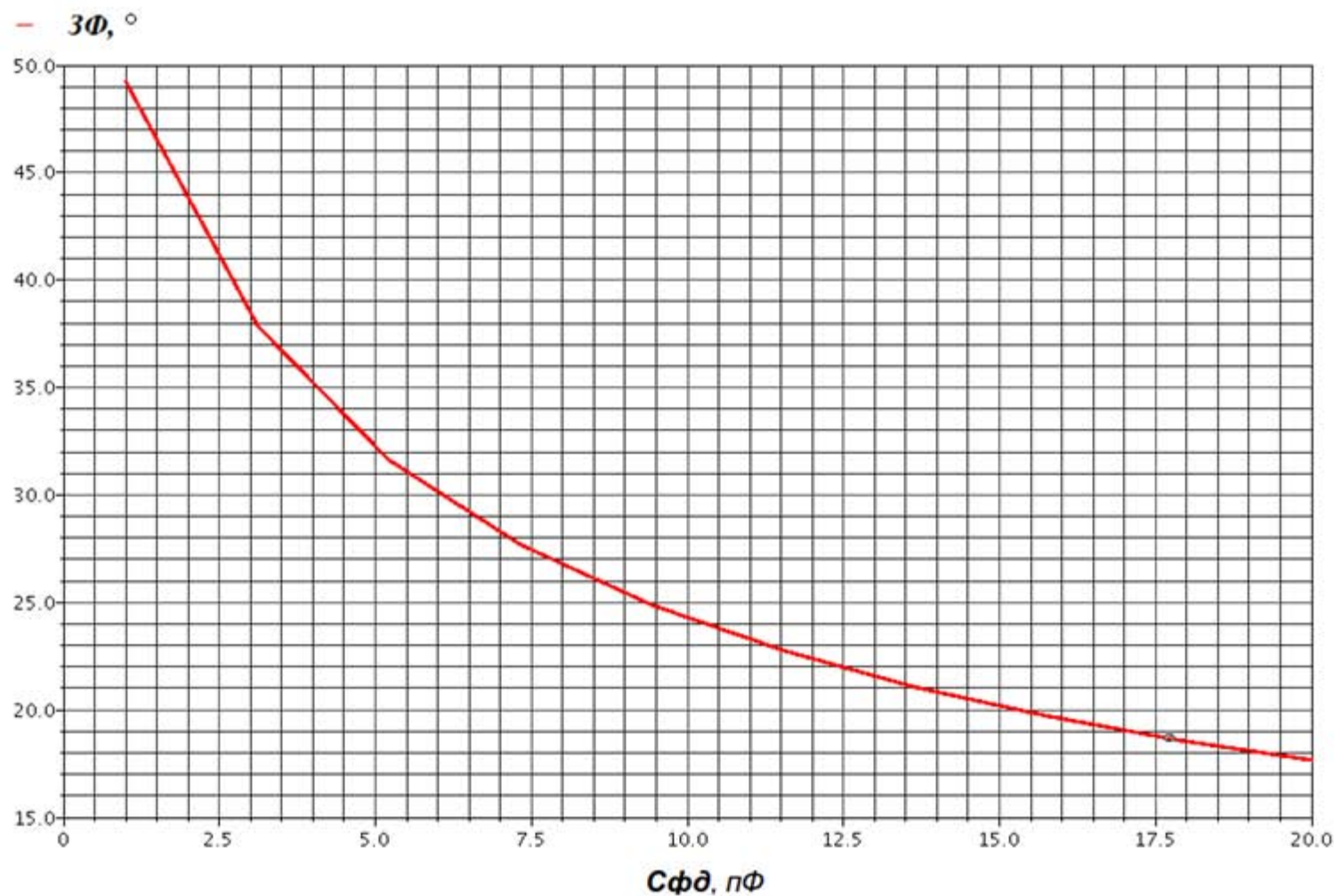
Исследование входных каскадов



Сравнение входного сопротивления схем с ОЗ и с КРЗ ($T = 550$)

	Входное сопротивление (входной ток – 1 мкА), Ом	Входное сопротивление (входной ток – 1 мА), Ом
Схема с ОЗ	781,7	152,7
Схема с КРЗ	1,37	0,3

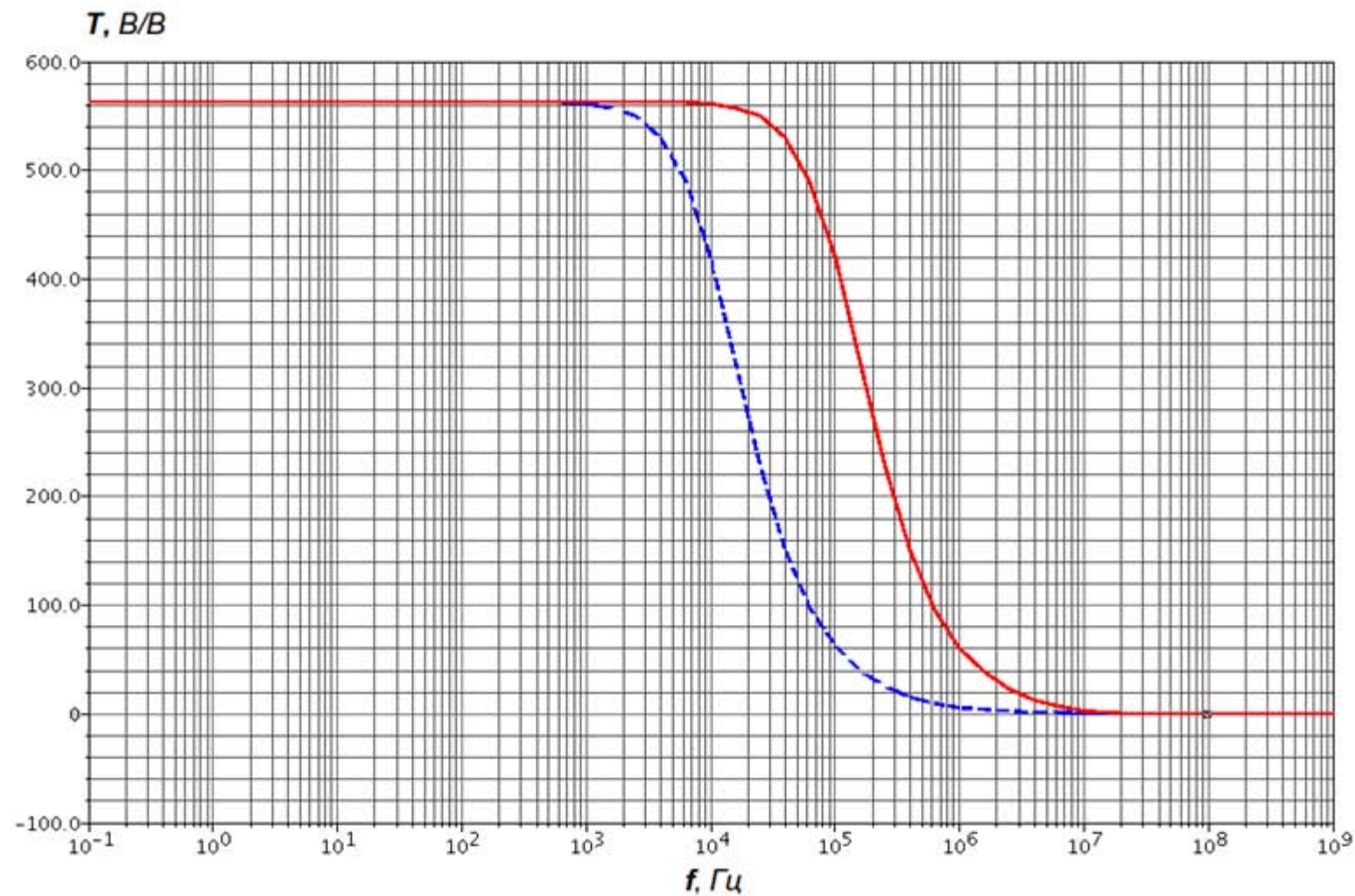
Стабильность схемы с КРЗ



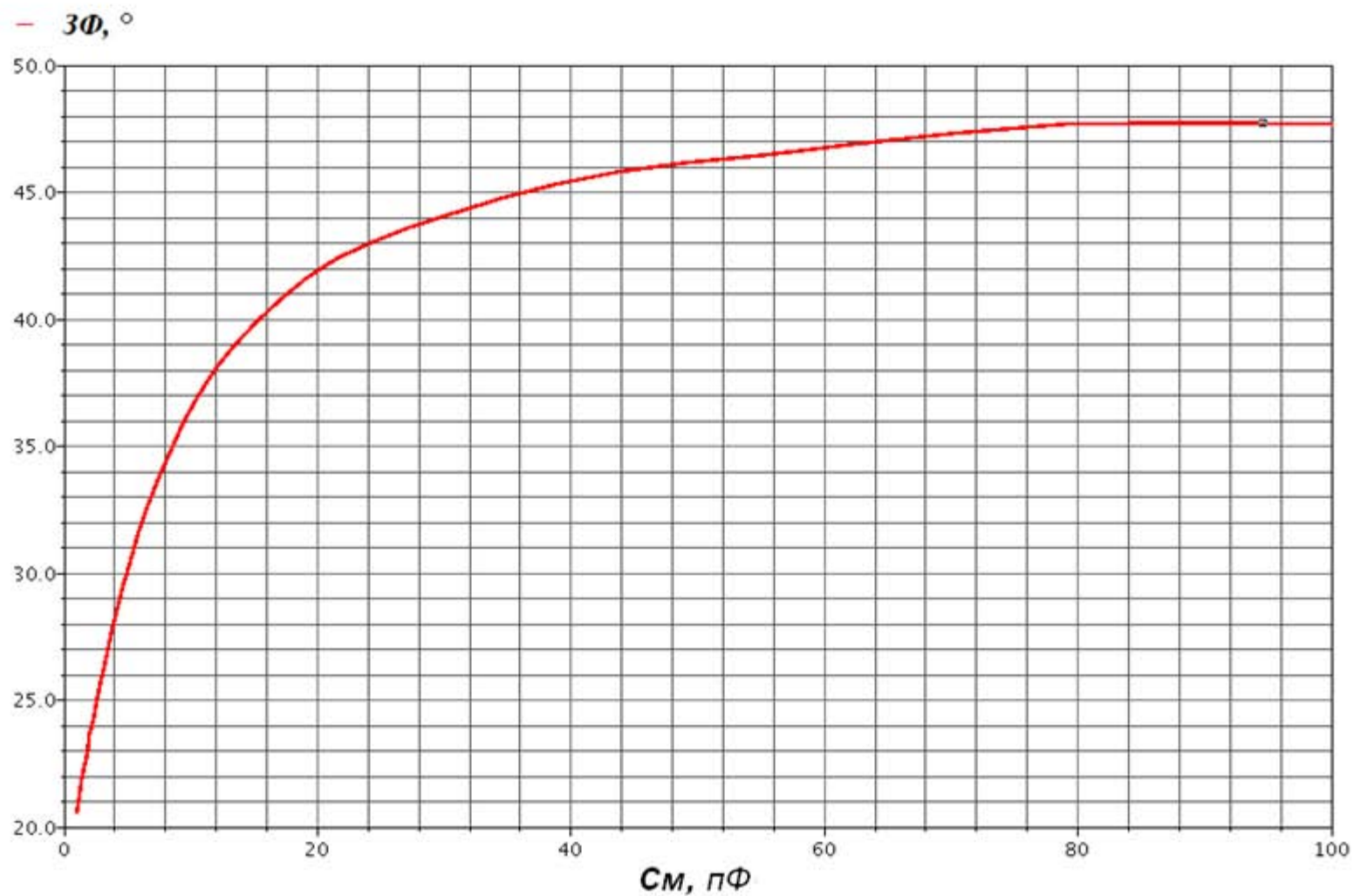
Исследование методов компенсации схемы с КРЗ

- ❖ Компенсация доминирующего полюса
- ❖ Компенсация Миллера
- ❖ Компенсация путем уменьшения петлевого усиления

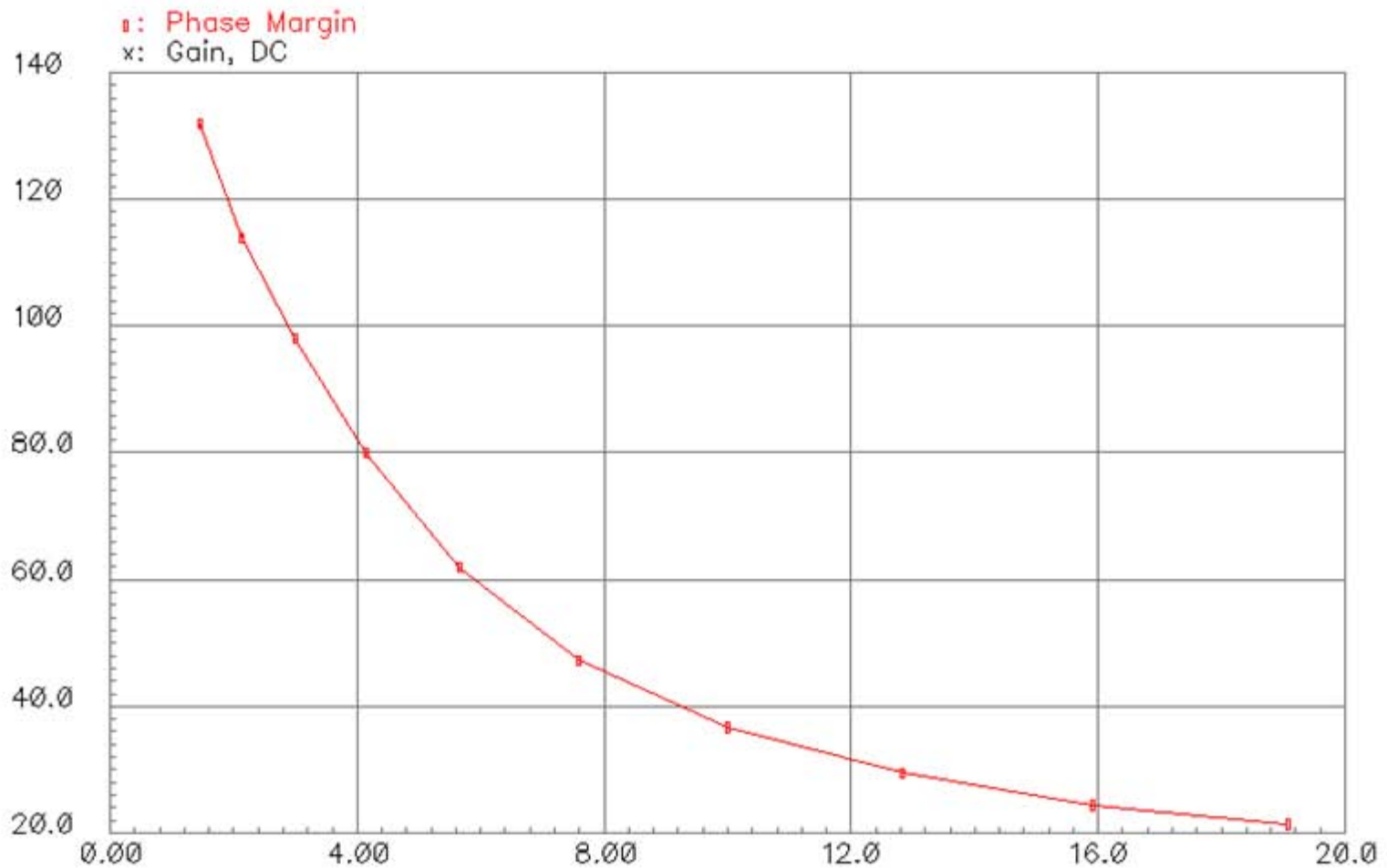
Компенсация доминирующего полюса



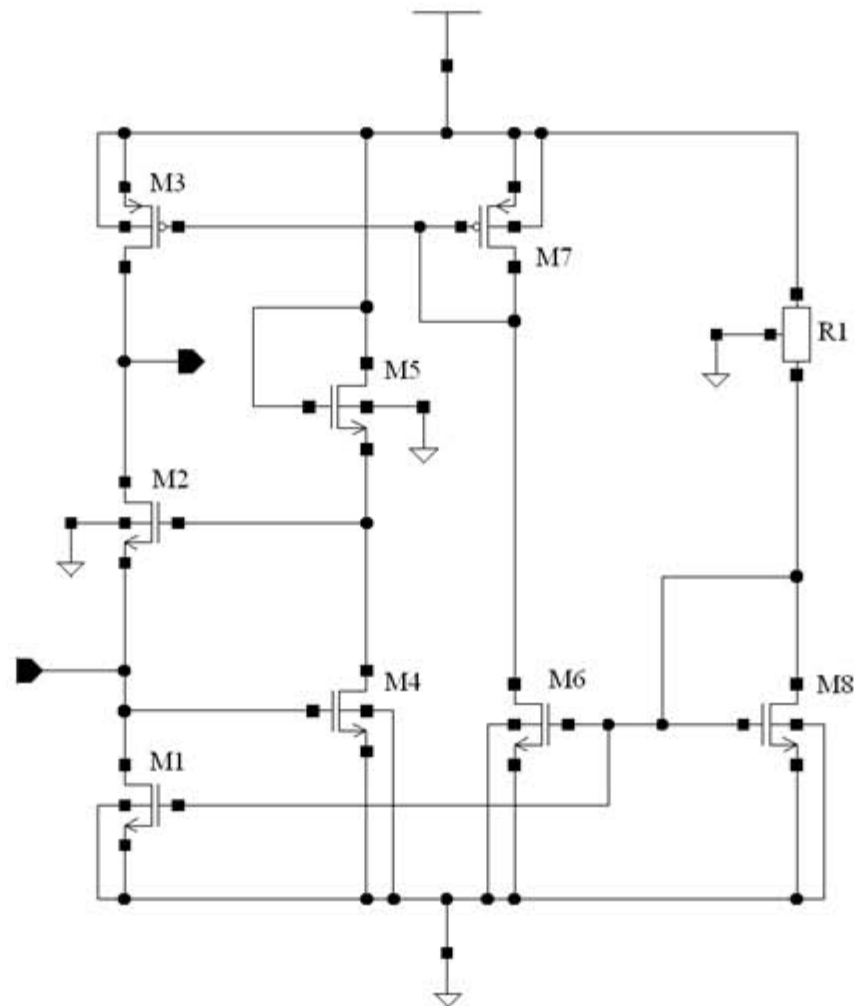
Компенсация Миллера



Компенсация путем уменьшения петлевого усиления



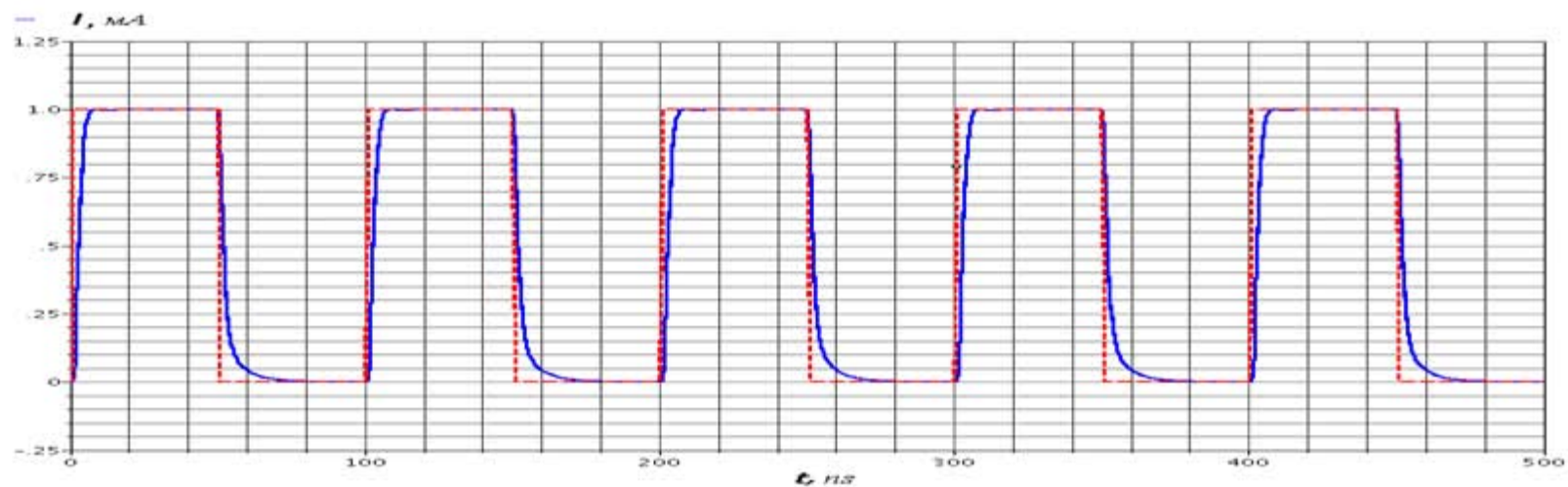
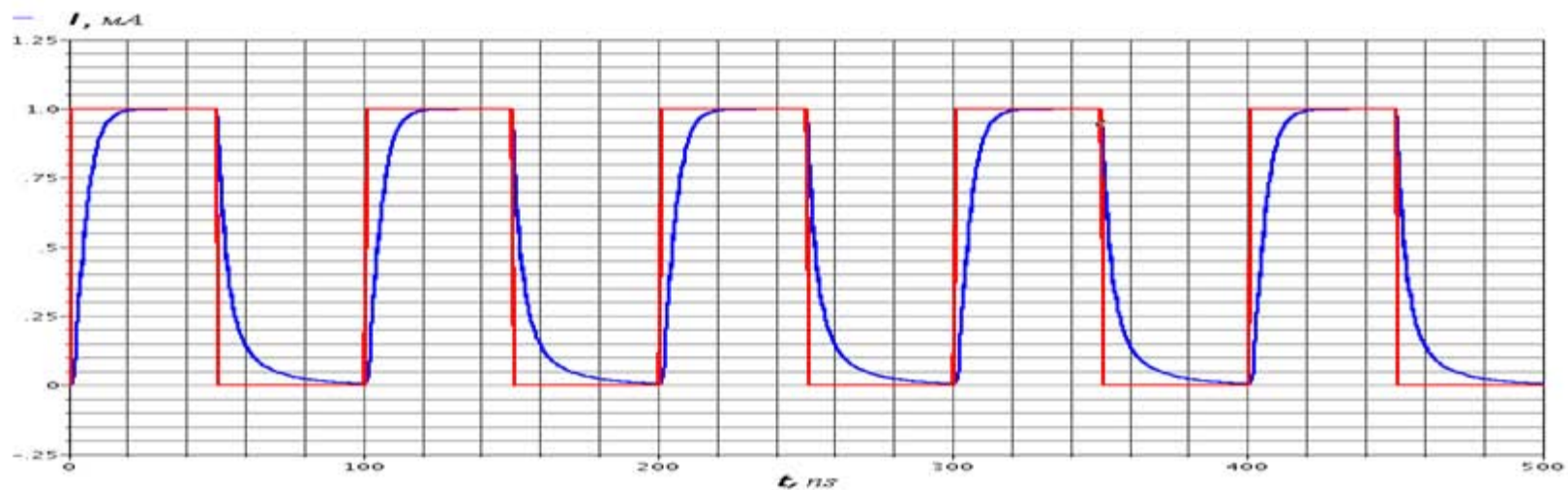
Компенсация путем уменьшения петлевого усиления



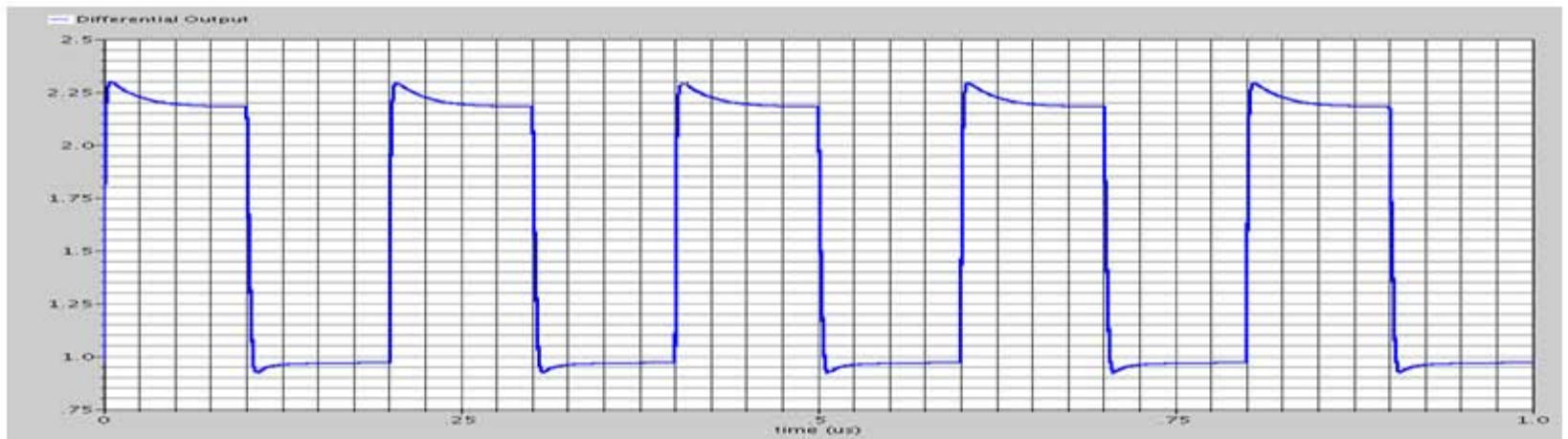
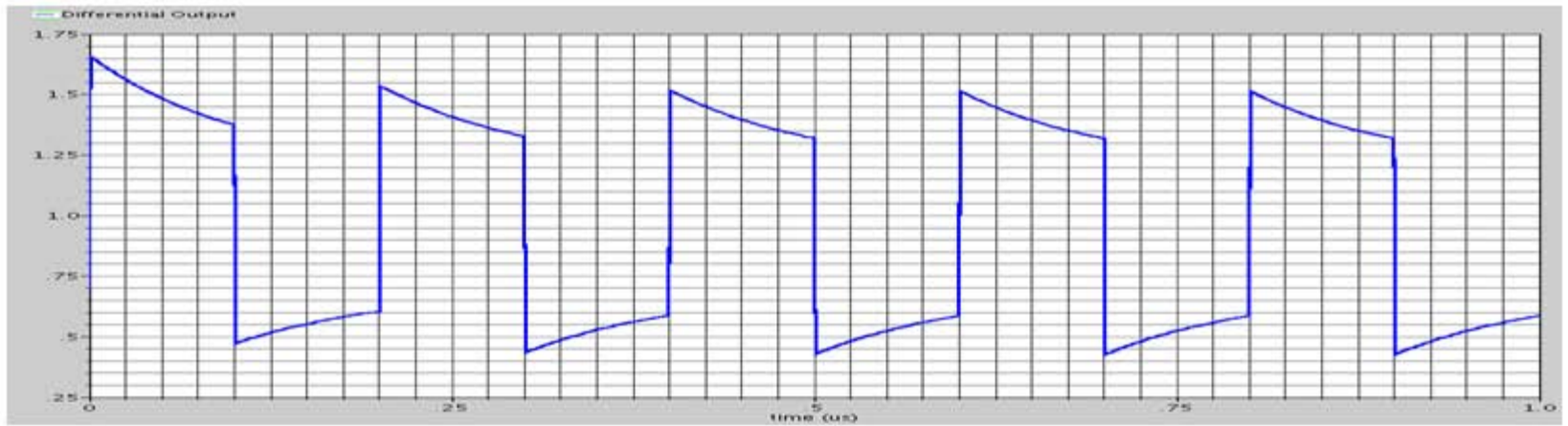
Сравнение входного сопротивления схем с ОЗ и с КРЗ ($T = 1,5$)

	Входное сопротивление (входной ток – 1 мкА), Ом	Входное сопротивление (входной ток – 1 мА), Ом
Схема с ОЗ	781,7	152,7
Схема с КРЗ	304,1	66,7

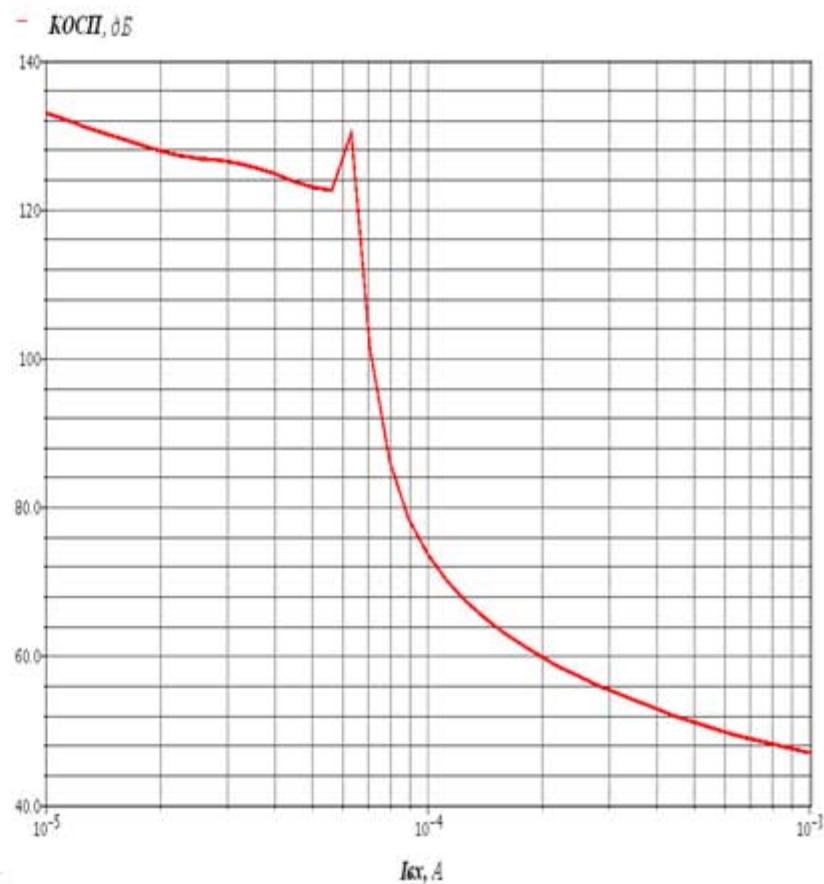
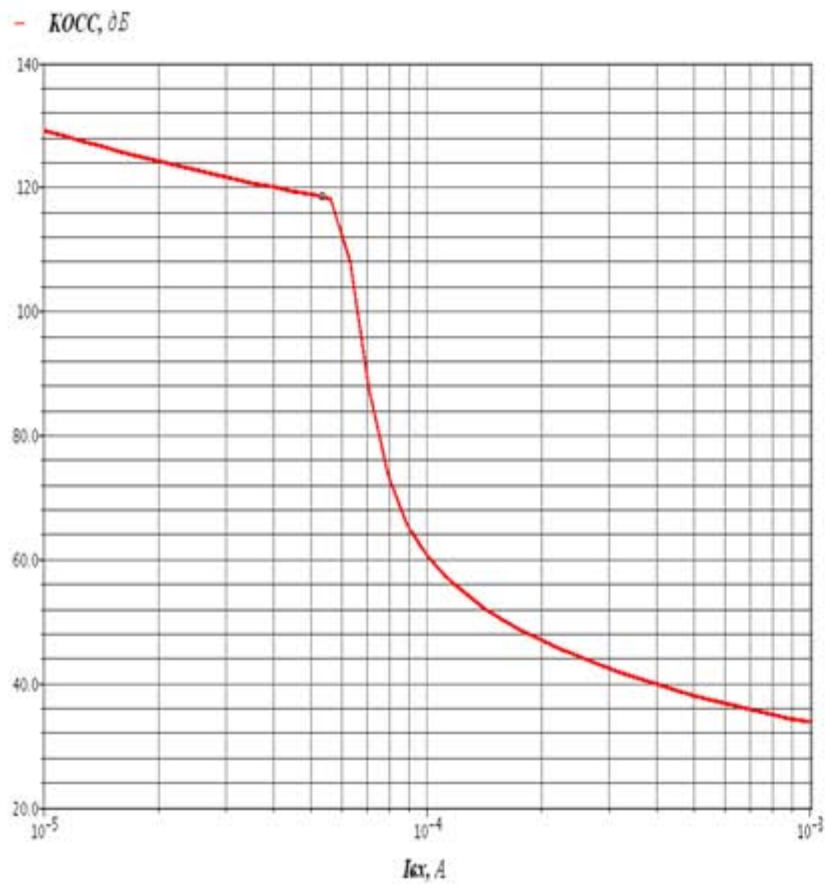
Сравнение схем с ОЗ и с КРЗ ($T = 1,5$)



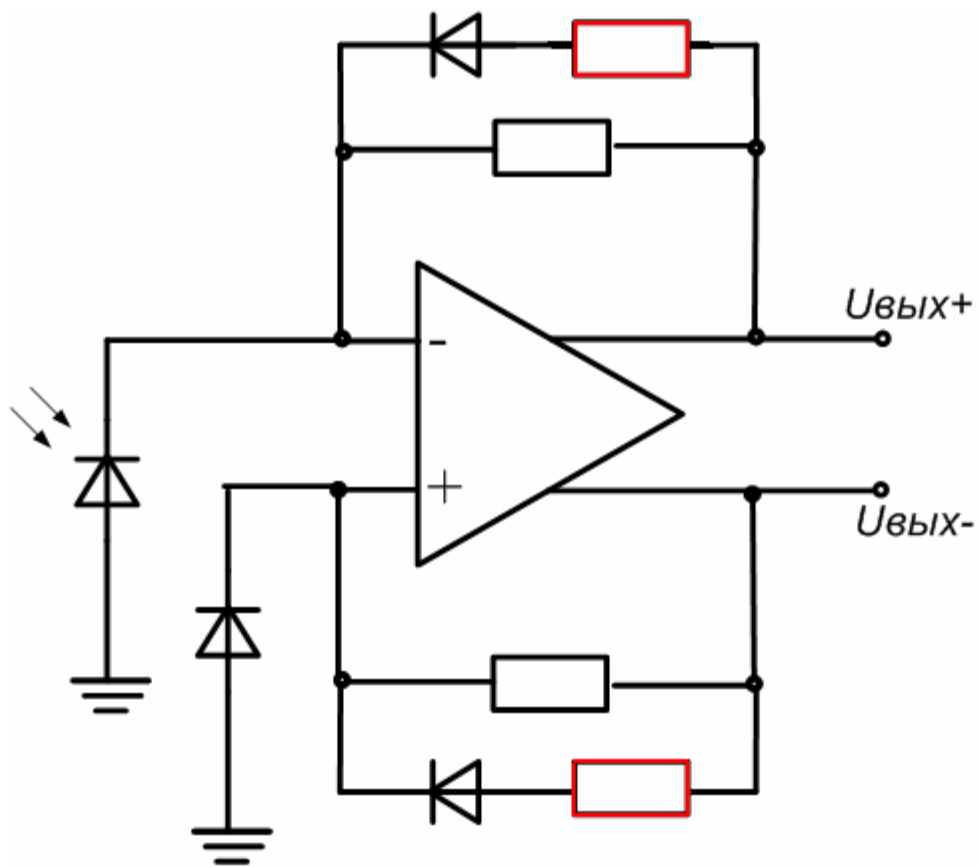
Использование схемы с КРЗ



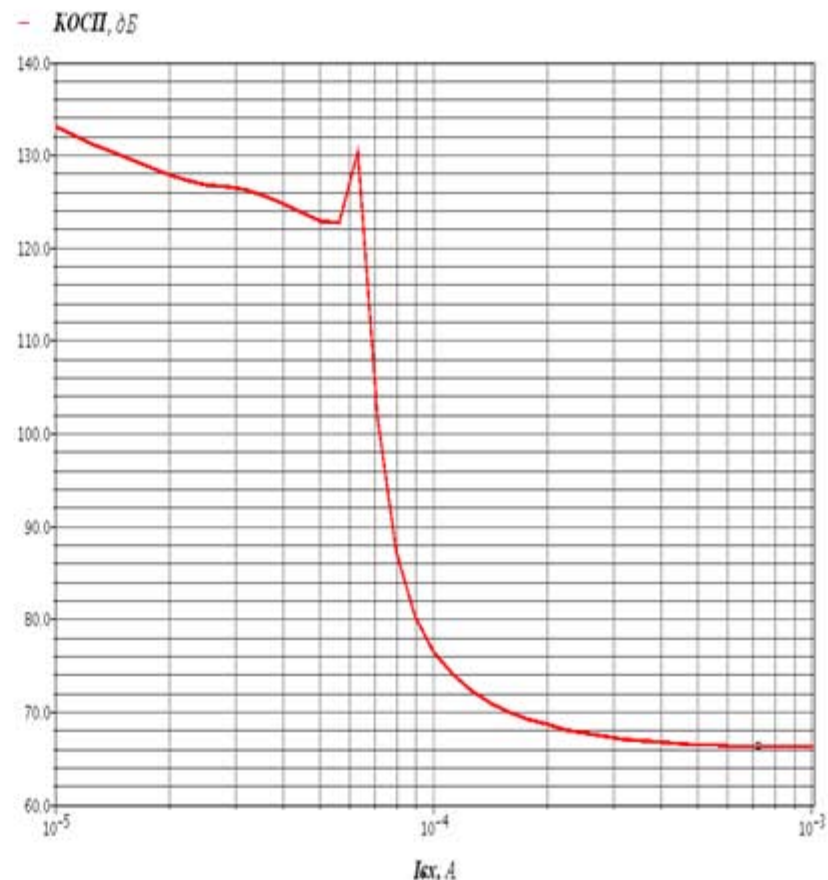
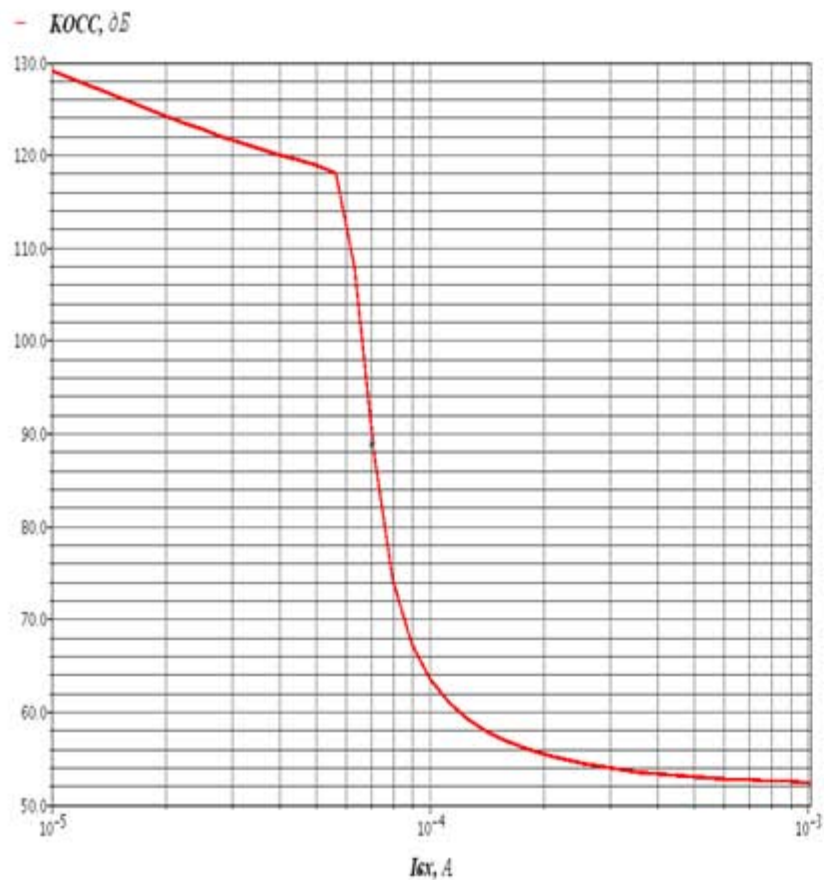
Уменьшение помехоустойчивости



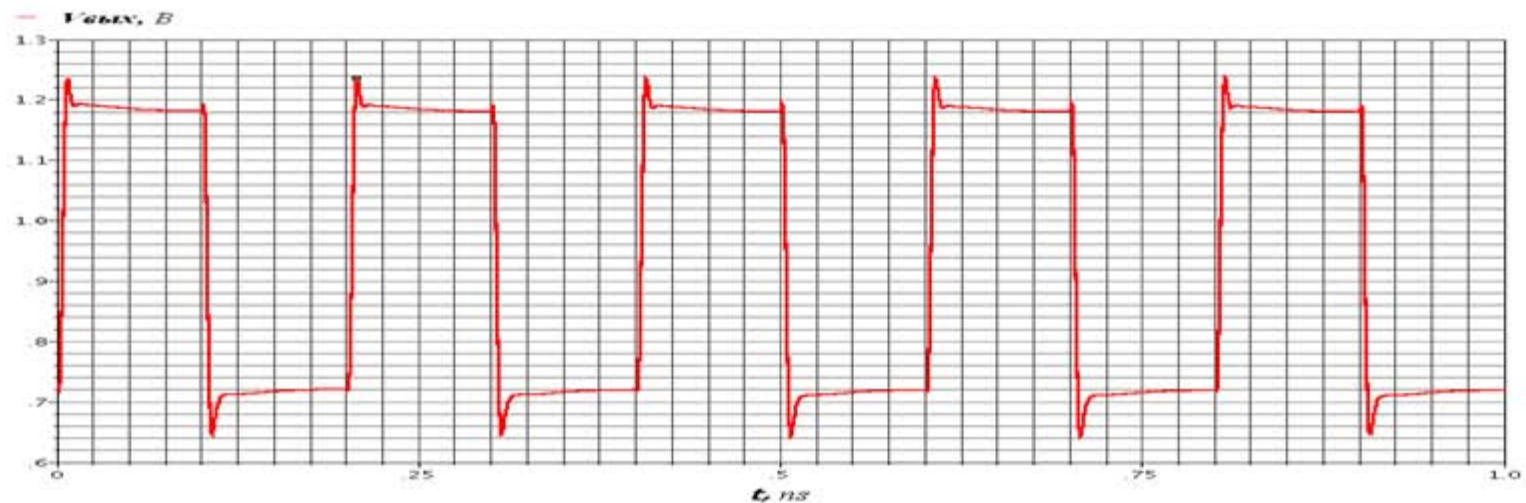
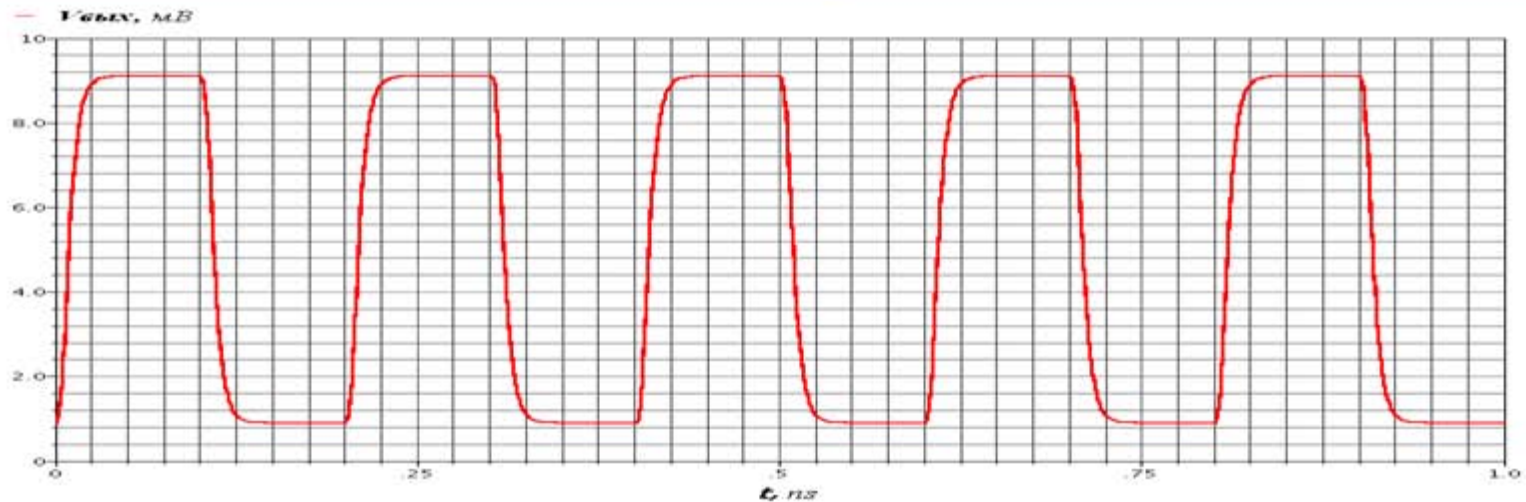
Исследование возможности увеличения помехоустойчивости



Увеличение помехоустойчивости



Схемотехническое решение на базе технологии КМОП 0,35 мкм



Схемотехническое решение на базе технологии КМОП 0,35 мкм

Параметр	Мин значение	Типичное значение	Макс значение	Спецификация
Трансимпеданс, кОм	7.46	9.97	12.41	10
Полоса пропускания, МГц	16.36	24.94	33.20	10
Запас по фазе усилителя, °	55.82	63.26	76.57	45
Запас по фазе схемы с КРЗ, °	98.08	112.6	135.2	45
КОСС, dB	61.73	83.39	92.46	30
КОСП, dB	48.03	85.72	101.9	30

Выводы

1. Проанализированы известные схемы фотодиодных усилителей.
2. Показана возможность использования несбалансированной дифференциальной структуры для получения широкого динамического диапазона и высокой помехоустойчивости при простой схемотехнической реализации схемы автоматического правления коэффициентом преобразования.
3. Исследованы особенности обеспечения стабильности схемы с каскодом регулируемым затвором при большой емкости фотодиода.
4. Результаты моделирования схемы фотодиодного усилителя основанного на несбалансированной дифференциальной структуре подтверждают результаты анализа данной структуры.



Спасибо за внимание!