

Дифференциатор

Дифференциатор, выполняет функцию противоположную интегратору, то есть на выходе дифференциатора напряжение пропорционально скорости изменения входного напряжения. Также, как и интегратор, дифференциатор находит широкое применение в активных фильтрах и схемах автоматического регулирования. Дифференциатор получается из интегратора путем перемены местами резистора и конденсатора (см. рис.5).

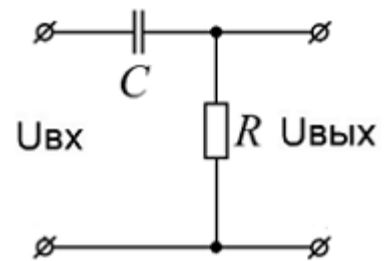


Рис. 5. Схема простого RC-дифференциатора

Недостатки простого дифференциатора те же, что и у интегратора: большое выходное сопротивление и ослабление входного сигнала.

Дифференциатор на ОУ имеет в цепи обратной связи сопротивление R1, через которое осуществляется положительная обратная связь с выхода ОУ на его вход (см. рис.6).

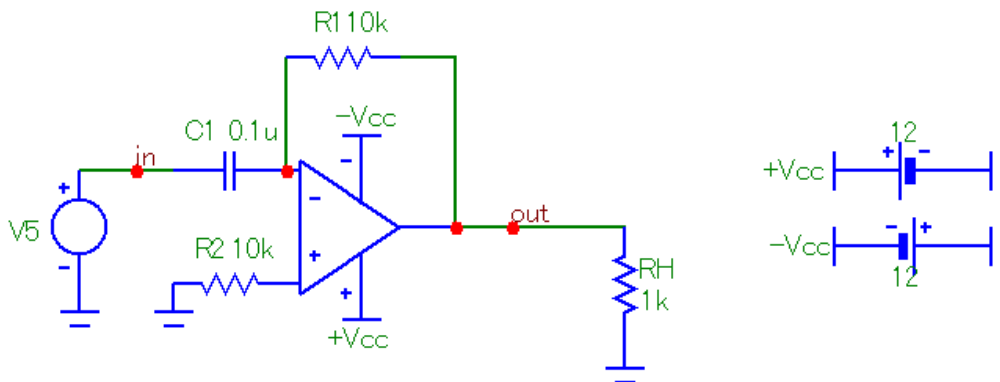


Рис. 6. Схема дифференциатора на ОУ

При поступлении сигнала на вход дифференциатора конденсатор C1 начинает заряжаться током $I_{вх}$, за счёт принципа виртуального замыкания ток такой же величины будет протекать и через резистор R1. В результате на выходе ОУ будет формироваться напряжение пропорционально скорости изменения входного напряжения.

Параметры дифференциатора определяются следующими выражениями

$$U_{\text{вых}} = \tau \cdot \frac{dU_{\text{вх}}}{dt},$$

где $\tau = R1 \times C1$ – постоянная интегрирования/дифференцирования.

Основной недостаток дифференциатора на ОУ состоит в том, что на высоких частотах коэффициент усиления больше, чем на низких частотах. Поэтому на высоких частотах происходит значительное усиление собственных

шумов резисторов и активных элементов, кроме того возможно возбуждение дифференциатора на высоких частотах.

Решение данной проблемы является (см. рис.7)

- включение дополнительного сопротивления на вход дифференциатора с номиналом в несколько десятков Ом (в среднем порядка $50 \div 100$ Ом)
- включение дополнительной ёмкости в обратную связь дифференциатора с номиналом порядка $100 \div 300$ пФ.

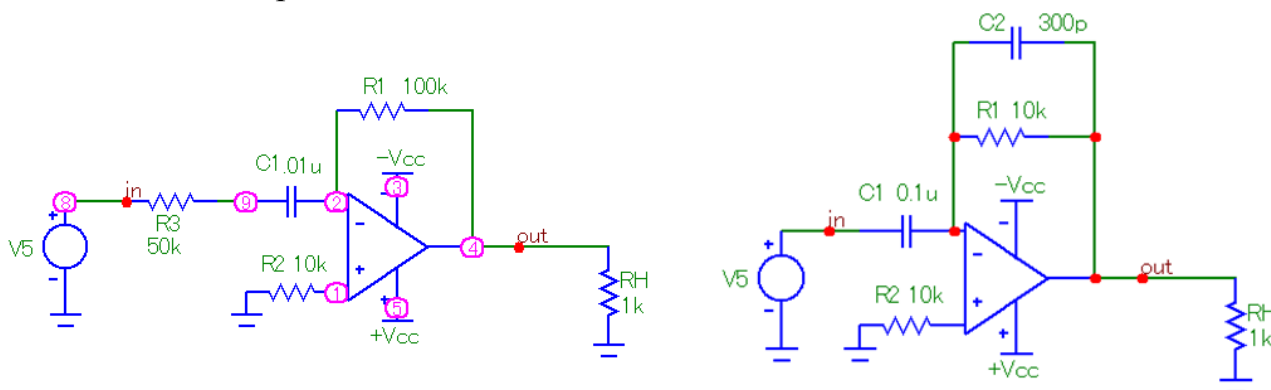


Рис.7. Варианты схемы инвертирующего дифференциатора с учетом устранения шума вследствие возбуждения ОУ

Таким образом, форма выходного сигнала должна соответствовать производной входного сигнала. Так при подаче на вход дифференциатора гармонического сигнала (который соответствует, например, функции \sin) с частотой в пределах полосы пропускания можно увидеть производную – такой же гармонический сигнал (функция \cos^1) – см. рис.8, а). Если же частота входного сигнала увеличивается, то ОУ возбуждается (см. рис.8, б).

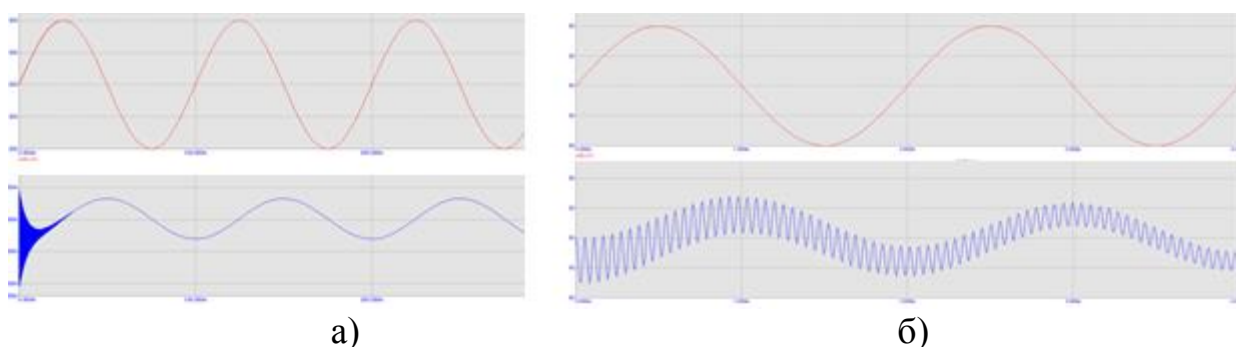


Рис.8. Диаграмма гармонического входного и выходного сигналов на а) низкой и б) высокой частоте без устранения шума вследствие возбуждения ОУ

¹ с учетом Кус, инвертирующих свойств, и фазового сдвига.