

Лабораторная работа №10

Исследование усилительных схем на основе операционных усилителей

Цель работы

Цель работы — изучить принципы работы усилительных схем на основе операционных усилителей (ОУ), определить их коэффициенты усиления, исследовать влияние обратной связи, смещения нуля, частотных свойств и параметров реальных ОУ на характеристики усилителей.

Оборудование

- Операционный усилитель (LM741, TL072 или аналогичный)
- Резисторы различных номиналов
- Осциллограф
- Функциональный генератор
- Мультиметр
- Источник питания $\pm 12\text{ В} \dots \pm 15\text{ В}$
- Программа LTspice / Multisim

Краткие теоретические сведения

Операционный усилитель (ОУ) — это высокоусилительный дифференциальный усилитель с отрицательной обратной связью. Он применяется для выполнения операций усиления, фильтрации, суммирования, интегрирования, дифференцирования и других аналоговых преобразований.

Идеальный ОУ характеризуется следующими параметрами:

- бесконечное входное сопротивление;
- нулевое выходное сопротивление;
- бесконечное усиление по разности входов;
- бесконечная полоса пропускания;

- бесконечно высокая скорость нарастания выходного сигнала.

В реальных ОУ значения отличаются, что приводит к искажениям, ограничению усиления на высоких частотах, появлению смещения нуля и т.д.

Неинвертирующий усилитель имеет коэффициент усиления:

$$K_u = 1 + R_2 / R_1$$

Инвертирующий усилитель имеет коэффициент усиления:

$$K_u = - R_2 / R_1$$

ОУ использует правило виртуального короткого замыкания: $V_+ \approx V_-$, а входные токи близки к нулю.

Важные параметры ОУ:

- GBW — произведение усиления на частоту;
- slew rate — скорость нарастания выходного напряжения;
- входной ток смещения;
- входное напряжение смещения;
- выходной ток;
- коэффициент подавления синфазного сигнала (КПСС).

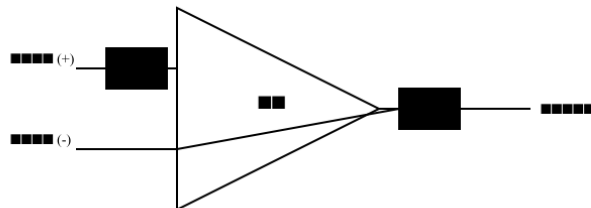
Частотные свойства усилителя ограничиваются скоростью нарастания и внутренними паразитными ёмкостями. На высоких частотах усиление уменьшается по закону 20 дБ/дек.

Компьютерное моделирование усилителей позволяет рассчитать:

- реальное усиление в полосе частот;
- фазовый сдвиг;
- запас по фазе и усилению;

- переходную характеристику;
- амплитудно-частотную характеристику;
- устойчивость схемы вместе с внешними элементами.

Принципиальная схема неинвертирующего усилителя



Ход работы

1. Собрать схему неинвертирующего усилителя.
2. Подать синусоидальный сигнал и измерить коэффициент усиления.
3. Провести исследование частотной зависимости усиления.
4. Определить величину входного и выходного сопротивления.
5. Построить модель схемы в LTspice и сравнить АЧХ с экспериментальной.
6. Оценить влияние обратной связи на устойчивость и линейность усилителя.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается инвертирующий усилитель от неинвертирующего?
2. Как отрицательная обратная связь влияет на усилитель?
3. Что такое виртуальное короткое замыкание во входах ОУ?

4. Какие параметры ограничивают частотные свойства усилителя?

5. Что такое скорость нарастания (slew rate) и как она влияет на форму выходного сигнала?

Литература

Дорофеев Ю.В. — Операционные усилители: теория и практика. — М.: Академия, 2020. — 280 с.

Красильников А.В. — Аналоговые схемы на ОУ. — СПб.: Лань, 2021. — 310 с.

Громов И.С. — Основы схемотехники. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 350 с.