

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
Кафедра Электроники и нанoeлектроники

РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ № 1
по дисциплине АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ
Тема: РАСЧЁТ SPICE-ПАРАМЕТРОВ ДИОДА

Студент гр. ЭР-05-20

(подпись) Волчков Д.Н.,

Доцент

(оценка/зачёт, подпись) Баринов А.Д.

Москва
2022

ЗАДАНИЕ

В данном расчетном задании требовалось моделирование операционного усилителя К140УД1 на транзисторном уровне и уровне макромоделли.

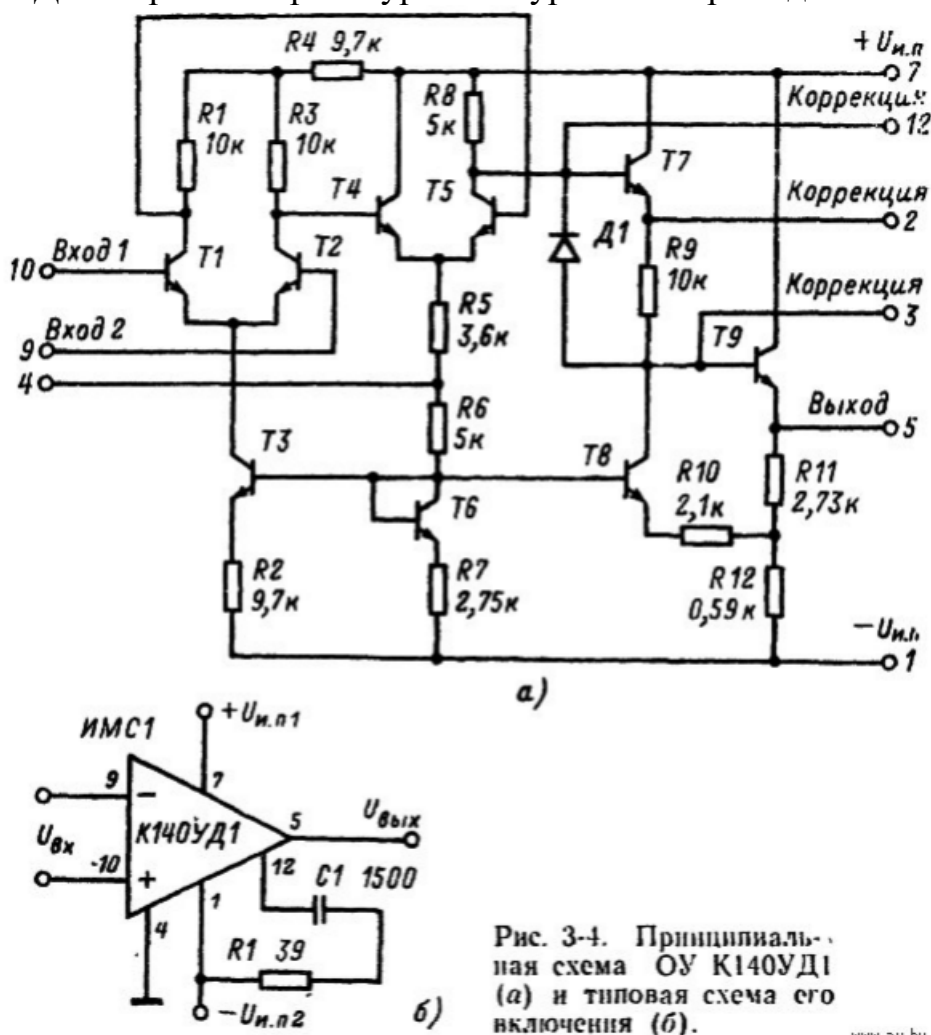


Рис. 3-4. Принципиальная схема ОУ К140УД1 (а) и типовая схема его включения (б).

Рисунок 1 – Операционный усилитель

а – схема электрическая принципиальная; б – условно графическое изображение

Все параметры транзисторов в ОУ одинаковые и используют модель \$GENERIC_N с параметрами из таблицы 1, модель диода - \$GENERIC с параметрами тока насыщения 10^{-18} А, емкости pn -перехода 1фФ, последовательного сопротивления 1 Ом.

Задание 1:

Схема операционного усилителя была собрана как макрос, после превращена в модель с модель со своим условно графическим изображением.

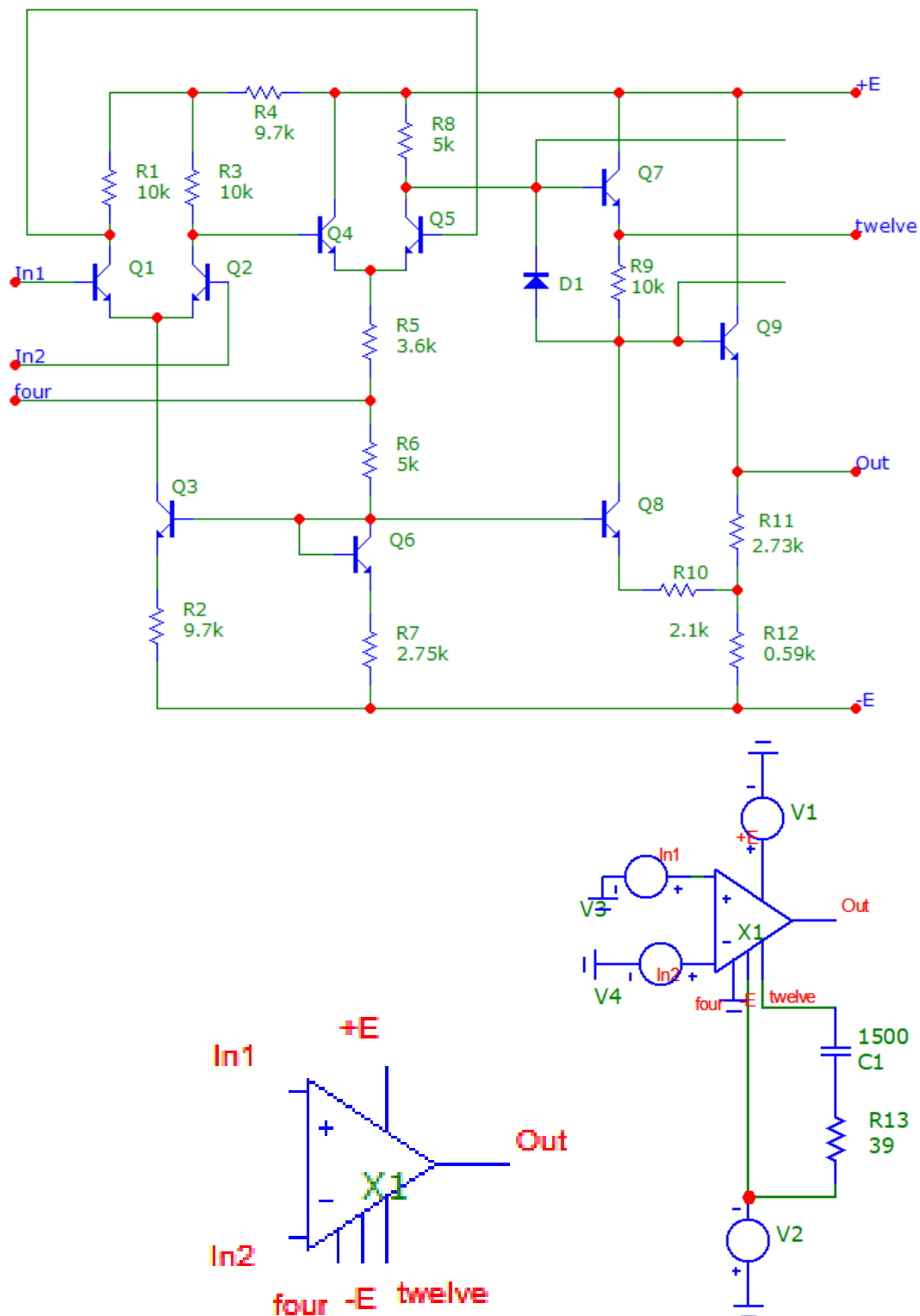


Рисунок 2 – Создание модели на транзисторном уровне
а – макрос в Micro-Cap; б – УГО; в – схема повторителя

На рисунке 3 изображена передаточная характеристика и моделирование коэффициента усиления при амплитуде входного сигнала 1мВ.

Переходная характеристика и АЧХ операционного усилителя изображены на рисунках 3 и 4:

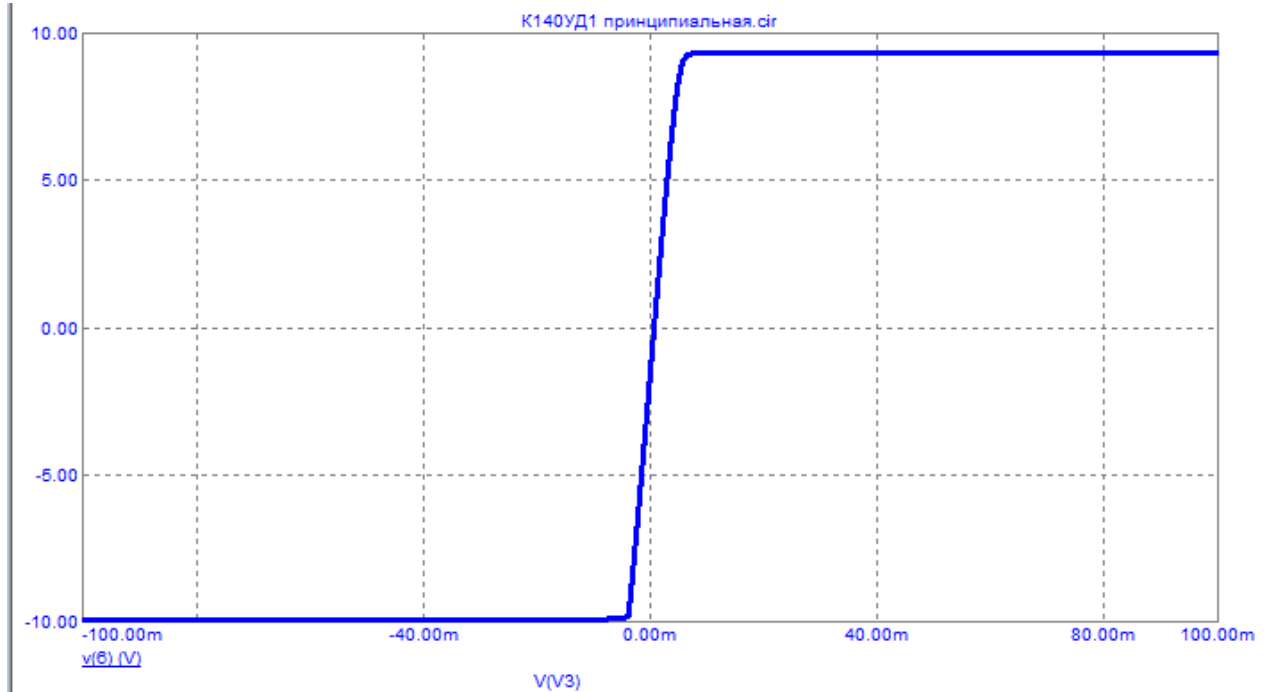


Рисунок 3 – Переходная характеристика операционного усилителя

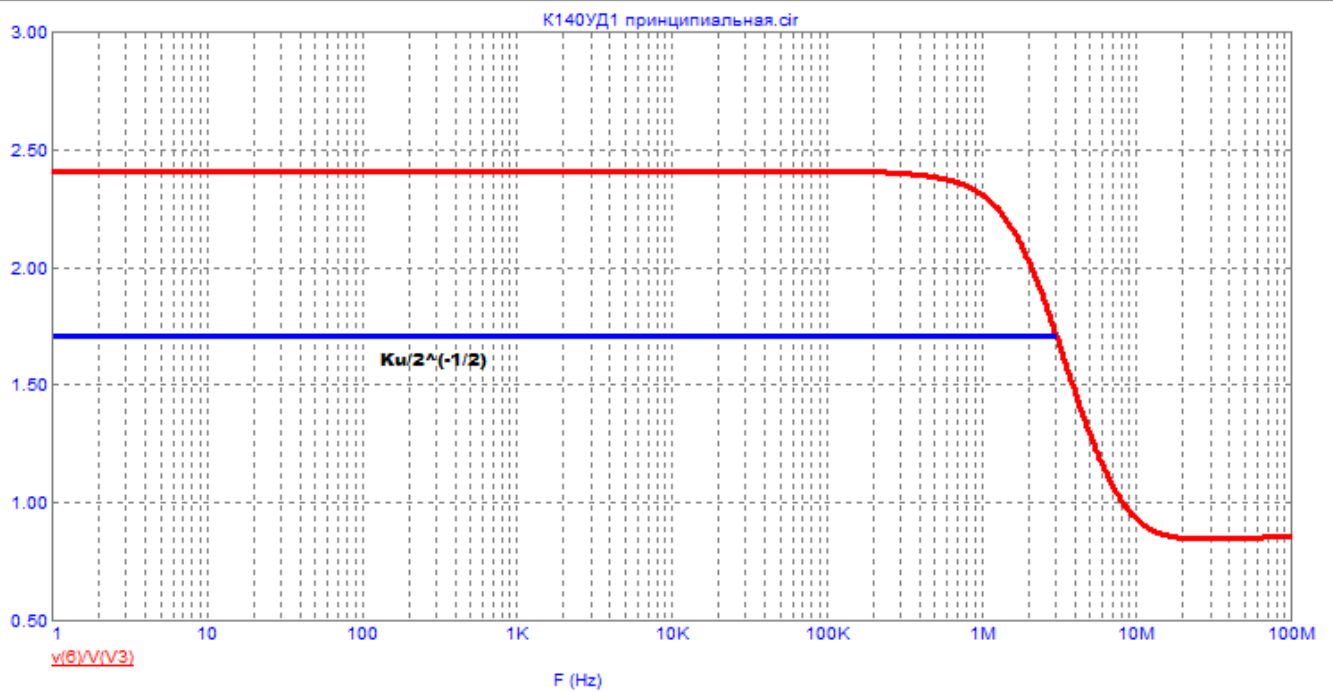


Рисунок 4 – АЧХ ОУ

Коэффициент усиления составляет 2411, полоса пропускания составляет 3м Гц

Задание 2:

Создадим макромодель операционного усилителя. Для ее создания нам необходимо знать входное сопротивление при парафазном и синфазном сигналах, а также входные токи, напряжение смещения нуля и коэффициент усиления по напряжению.

Воспользуемся моделью операционного усилителя, предложенной в задании:

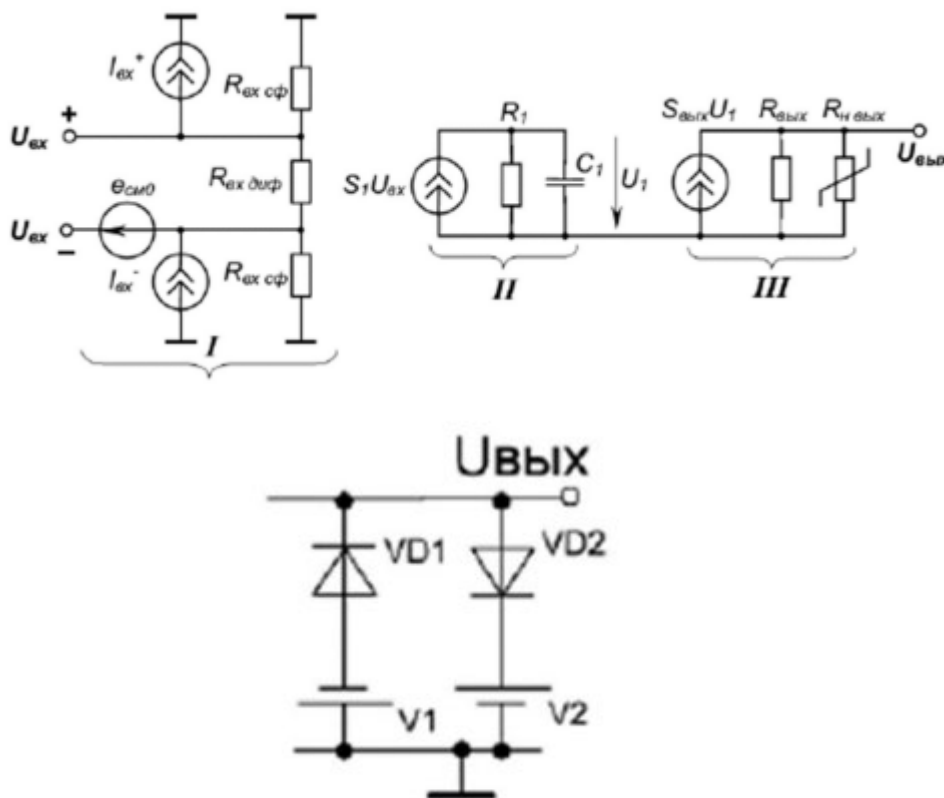


Рисунок 5 – Простейшая модель ОУ

Рассчитаем сопротивления:

$$R_{\text{ВХ}}^{\text{ПФ}} = 2 \cdot ((\beta + 1) \cdot r_3 + r_6) = 2 \cdot (101 \cdot 5 + 150) = 1.31 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{ВХ}}^{\text{СИНФ}} = (\beta + 1) \cdot r_{\text{и}} = 101 \cdot 5 = 10.1 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{ВЫХ}} = r_3 = 5 \text{ Ом}$$

По рисунку 6 можно увидеть, что ток на каждом источнике ЭДС равен 9.8 мкА по модулю

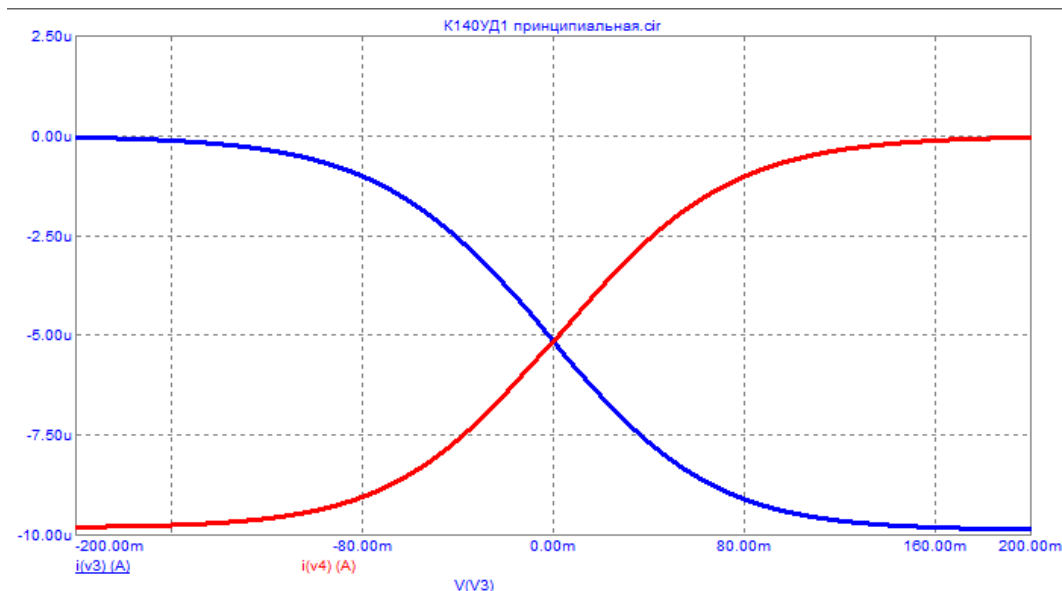


Рисунок 6 – Значения тока на входах ОУ

Определим напряжение смещения по переходной характеристике операционного усилителя (Рисунок 7):

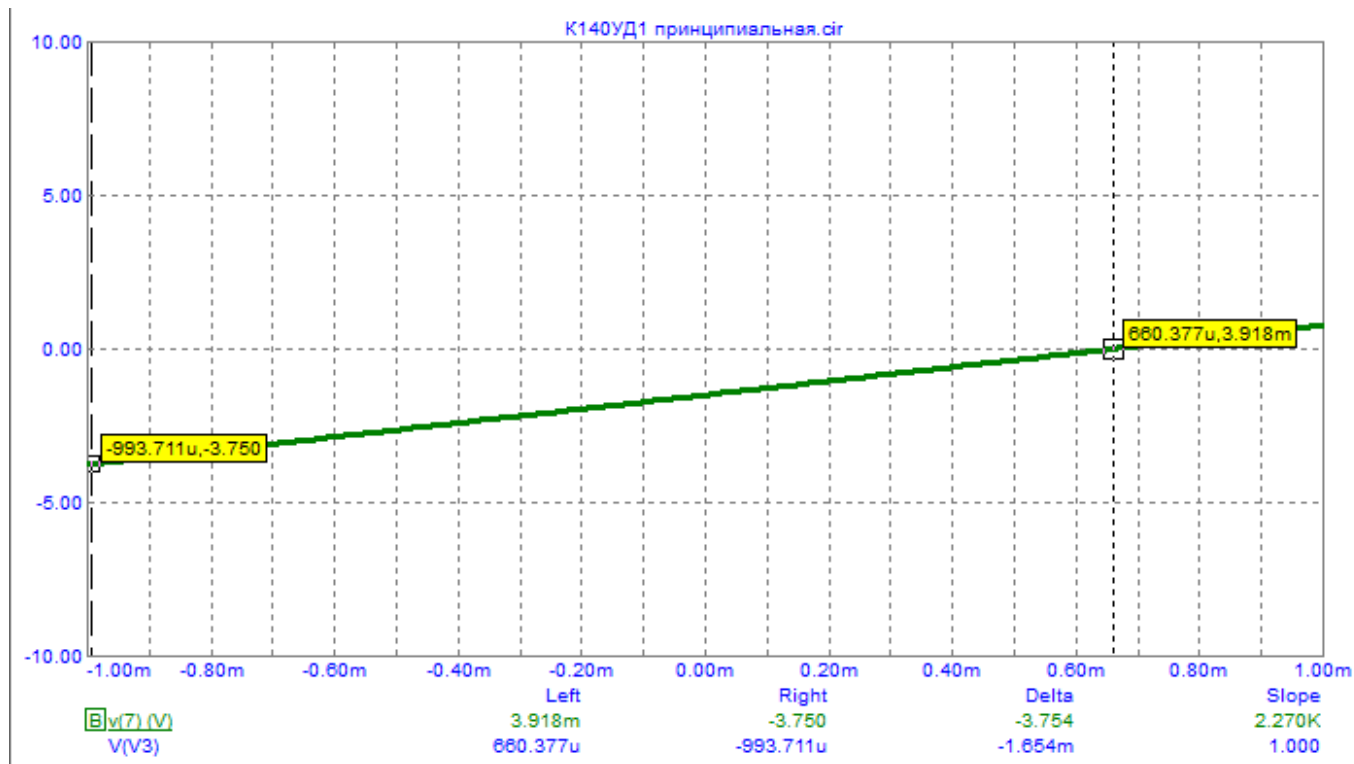


Рисунок 7 – Переходная характеристика ОУ

По переходной характеристике мы можем увидеть, что напряжение смещения составляет 660 мкВ.

По полученным характеристикам создадим SPICE- описание (Рисунок 8):

```

.subckt k140ud1 In1 In2 Out
*Входные параметры
V1 In21 In2 DC 660u
I1 In21 0 DC 9.8u
I2 0 In1 DC 9.8u
R1 0 In1 10.1k
R2 In21 0 10.1k
R3 In1 In21 1.31k
*Частотная зависимость
G1 1 0 VALUE={5411/39*V(In1,In21)}
R4 1 0 39
C1 1 0 1500p
*Выходные параметры
G2 Out 0 VALUE={V(1,0)/5}
R5 Out 0 5
*Диодный ограничитель на выходе
V2 2 0 DC 8.3
V3 0 3 DC 8.3
D1 Out 2 GENERIC
D2 3 Out GENERIC
.ENDS
.MODEL GENERIC D

```

Рисунок 8 – SPICE-описание схемы

Соберем схему для определения переходной характеристики (Рисунок 9):

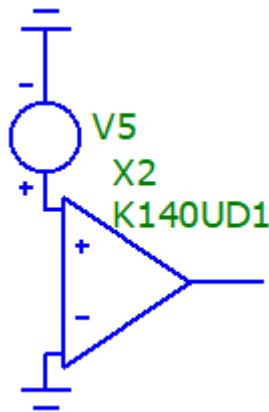


Рисунок 9 – Схема подключения операционного усилителя

Получим переходную характеристику и АЧХ для модели операционного усилителя (Рисунки 10 и 11):

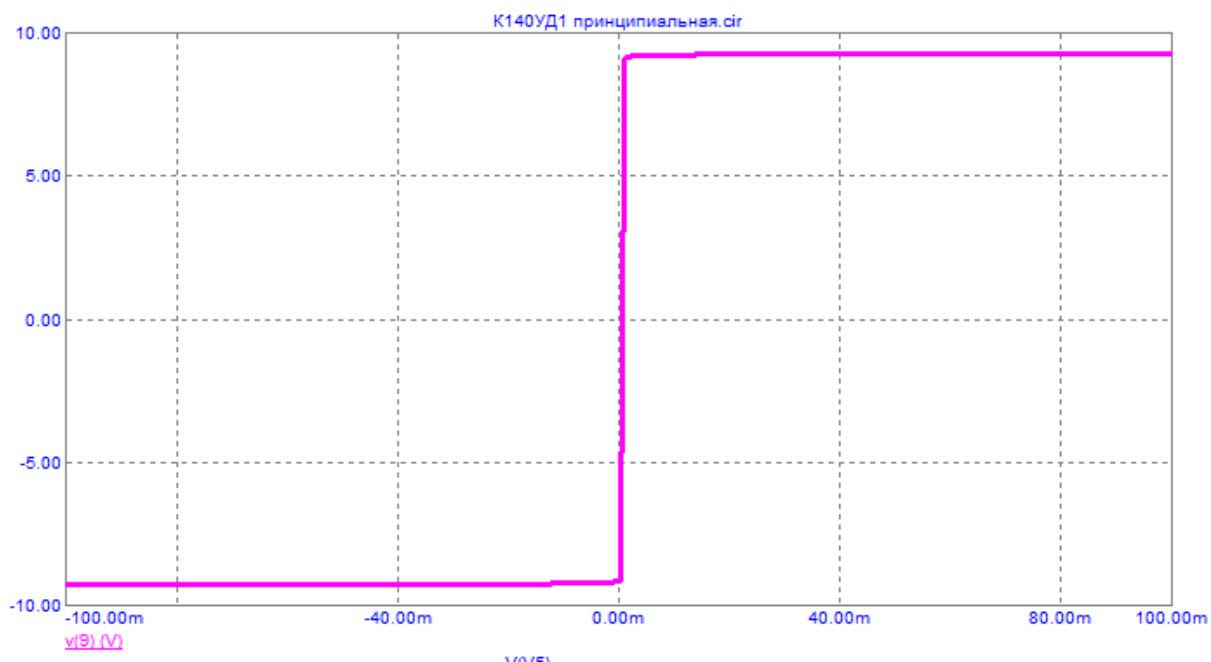


Рисунок 10 – Переходная характеристика модели операционного усилителя

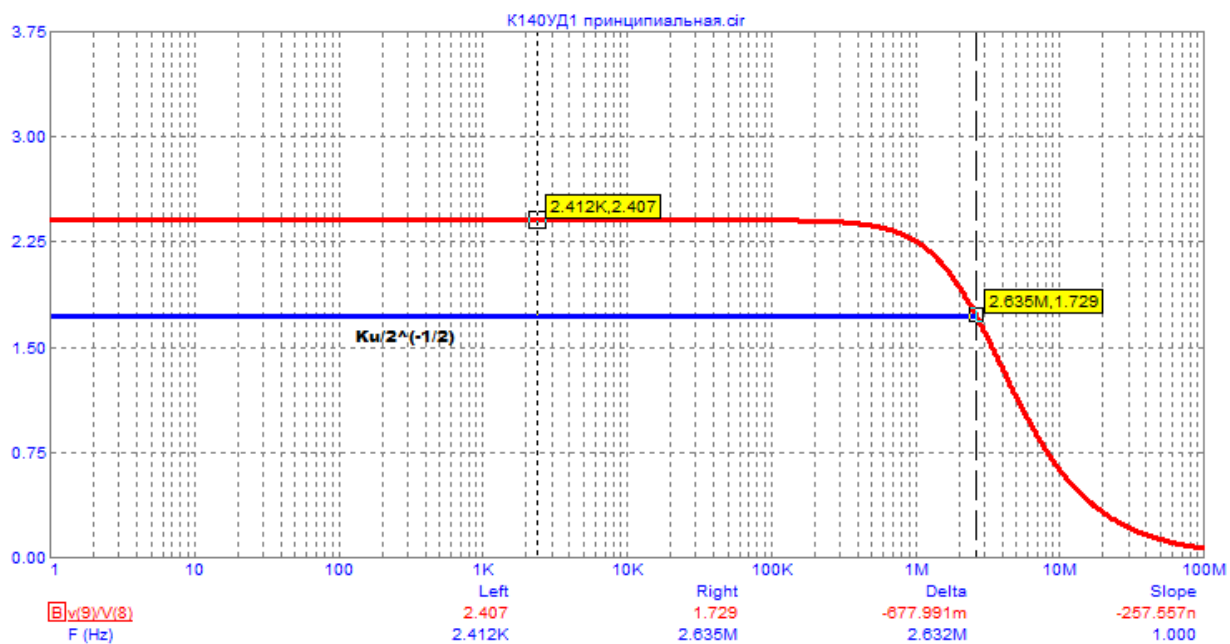


Рисунок 11 – АЧХ модели ОУ

Сравнение моделей:

Сравним модели операционного усилителя. Для этого получим файлы с расширением .csv и сравним полученные графики характеристик в программе Mathcad Prime (Рисунки 12 и 13):



Рисунок 12 – Переходная характеристика

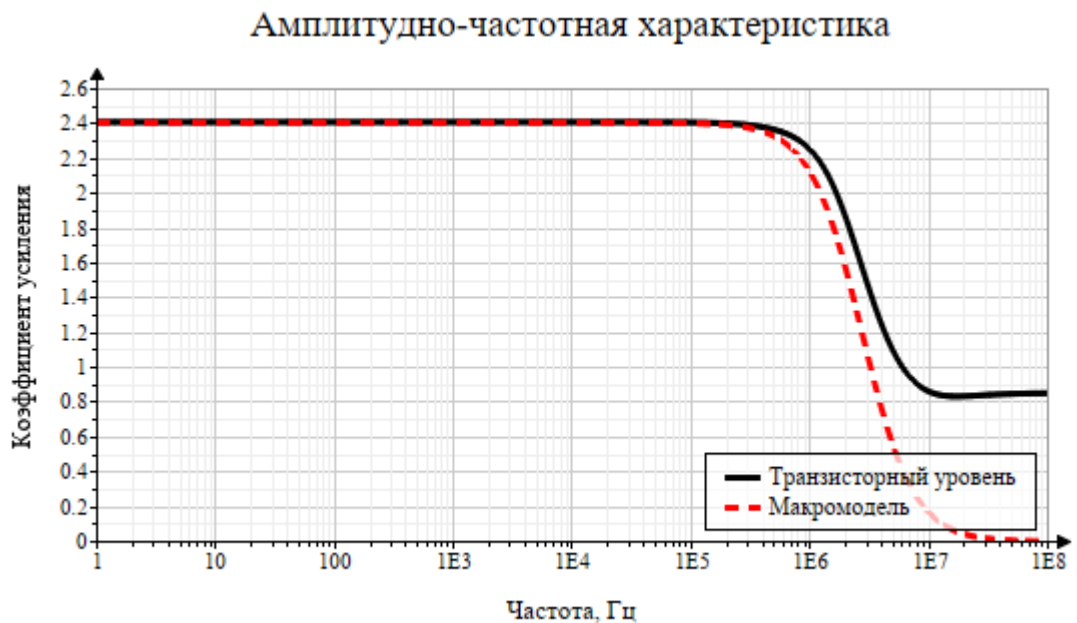


Рисунок 13 – АЧХ

По рисункам мы можем увидеть, что переходная характеристика почти совпадает, однако амплитудно-частотная характеристика расходится, что связано с различием в моделировании схем.