



# *Лекция 2*



# Схемотехника интегральных операционных усилителей (ОУ), характеристики и параметры ОУ.



рис. 1. Обозначение операционного усилителя в схемах:  
1 - инвертирующий вход; 2 - неинвертирующий вход;  
3 - выход.

Рис. 1. Обозначение операционного усилителя в схемах:  
1 – инвертирующий вход, 2 – неинвертирующий вход,  
3 – выход

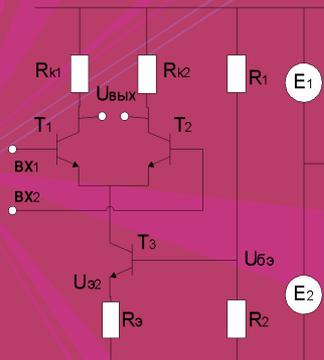


рис. 1. Схема дифференциального усилительного каскада на биполярных транзисторах.

Рис. 2. Схема дифференциального усилительного каскада на биполярных транзисторах

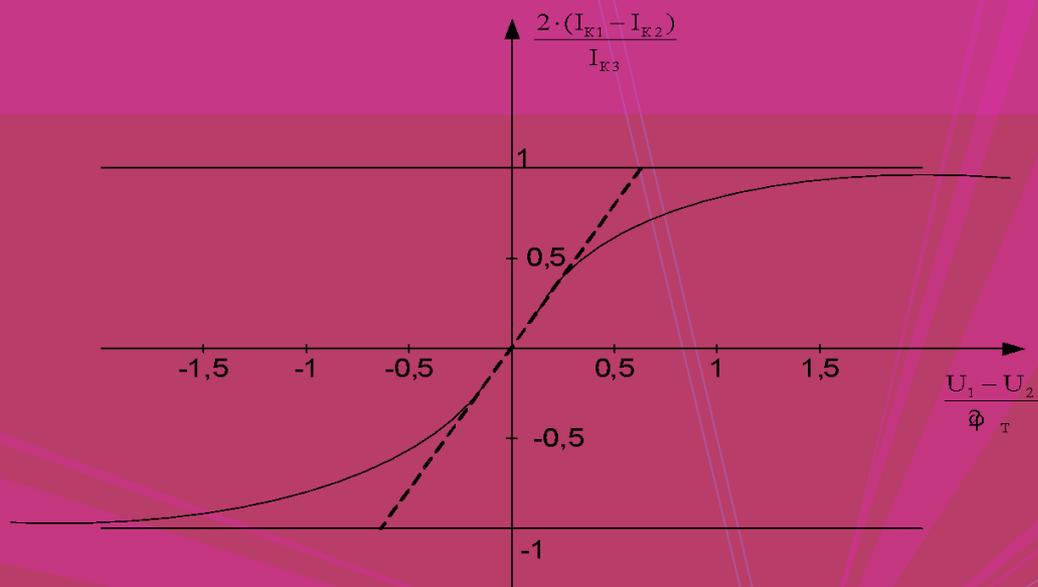


рис. 1.. Зависимость нормированной разности коллекторных токов  $I_{K1}$  и  $I_{K2}$  от нормированной разности входных напряжений  $U_1$  и  $U_2$ .

Рис. 3. Зависимость нормированной разности коллекторных токов  $I_{K1}$  и  $I_{K2}$  от нормированной разности входных напряжений  $U_1$  и  $U_2$

$$\frac{2(I_{K1} - I_{K2})}{I_{K3}} = \text{th}\left(\frac{U_1 - U_2}{2\phi_T}\right)$$

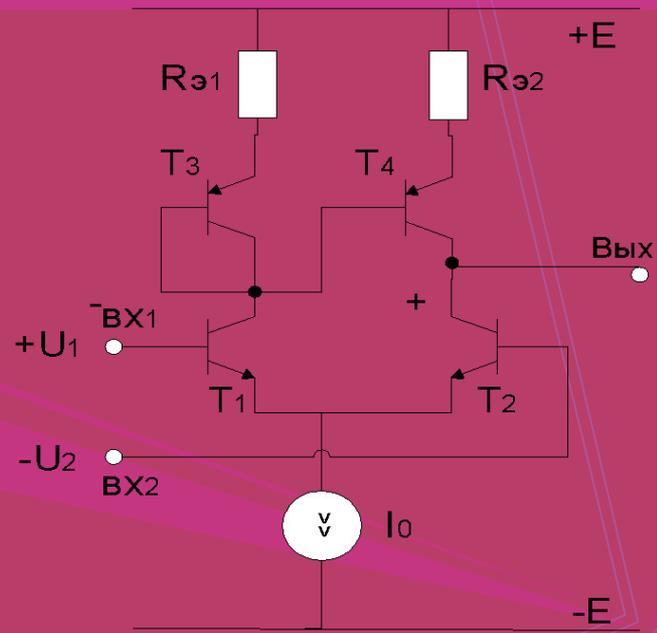


Рис. 4. Схема дифференциального усилительного каскада с динамической нагрузкой в цепях коллекторов



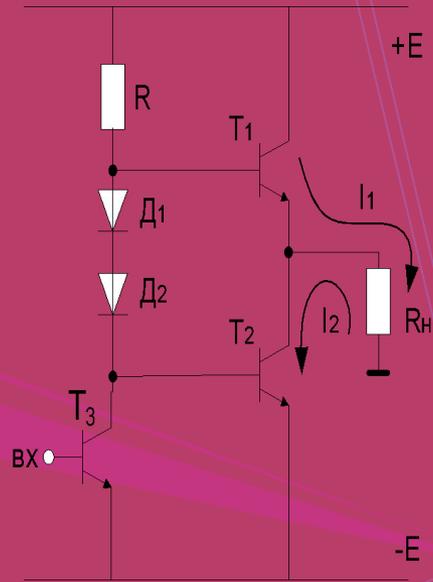


рис. 1... Упрощенная схема выходного каскада ОУ.

Рис. 6. Упрощенная схема выходного каскада ОУ

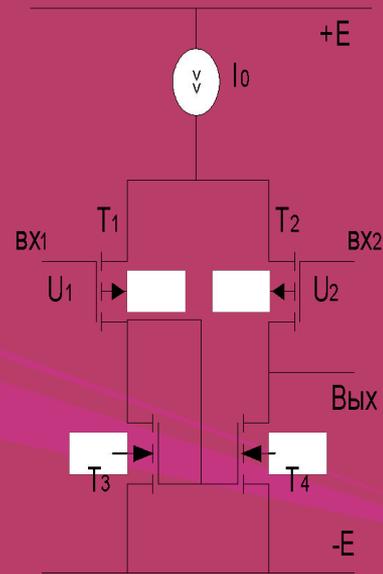


рис. 1... Дифференциальный усилительный каскад на КМОП-транзисторах с р-канальными транзисторами на входах.

Рис. 7. Дифференциальный усилительный каскад на КМОП-транзисторах с р-канальными транзисторами на входах

# Амплитудная характеристика идеального ОУ

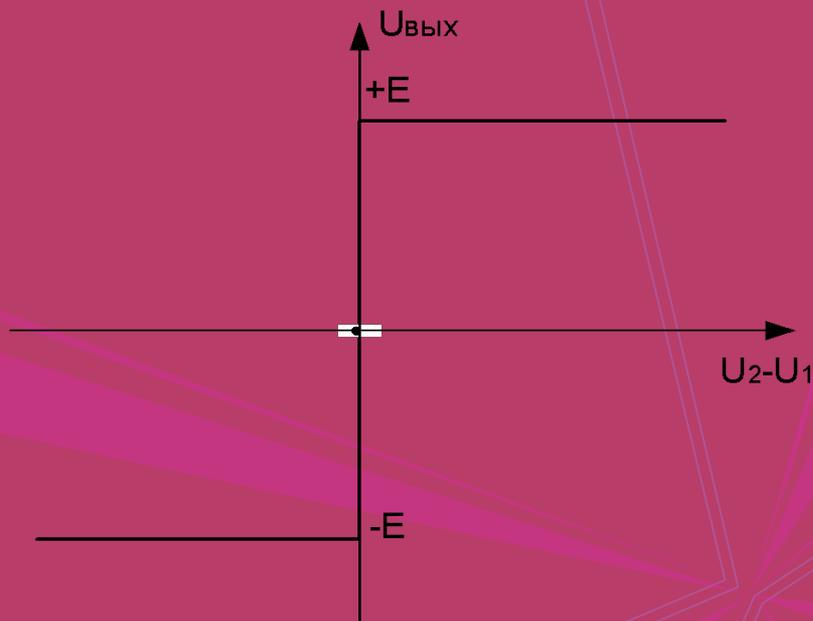


рис. 1... Амплитудная характеристика идеального ОУ.

Рис. 8. Амплитудная характеристика идеального ОУ

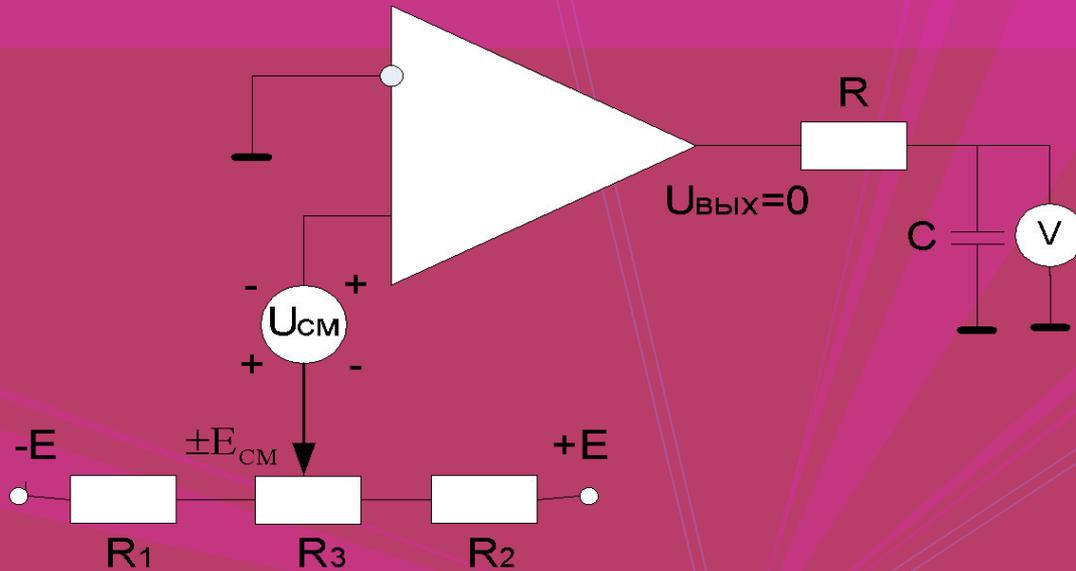


рис. 1... Схема отображающая неидентичность входных транзисторов, отражающуюся в  $U_{см}$ .

Рис. 9. Схема, компенсирующая неидентичность входных транзисторов, отражающуюся в  $U_{см}$

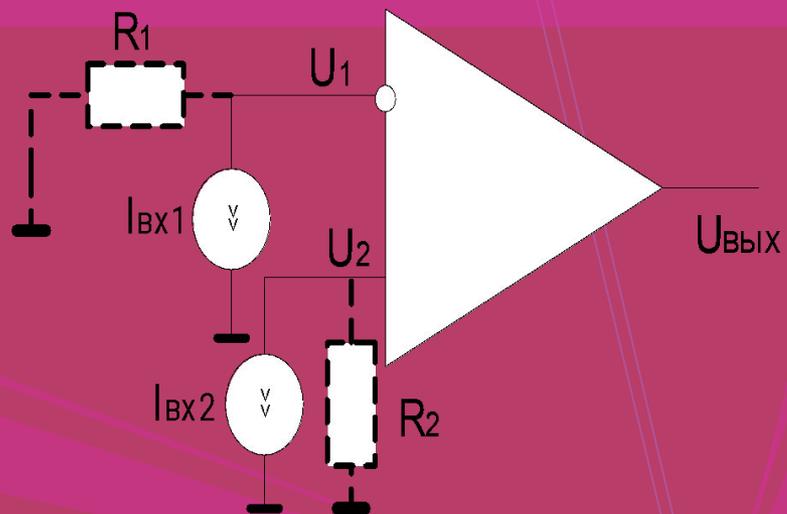


Рис. 10. Схема включения ОУ с учетом входных токов

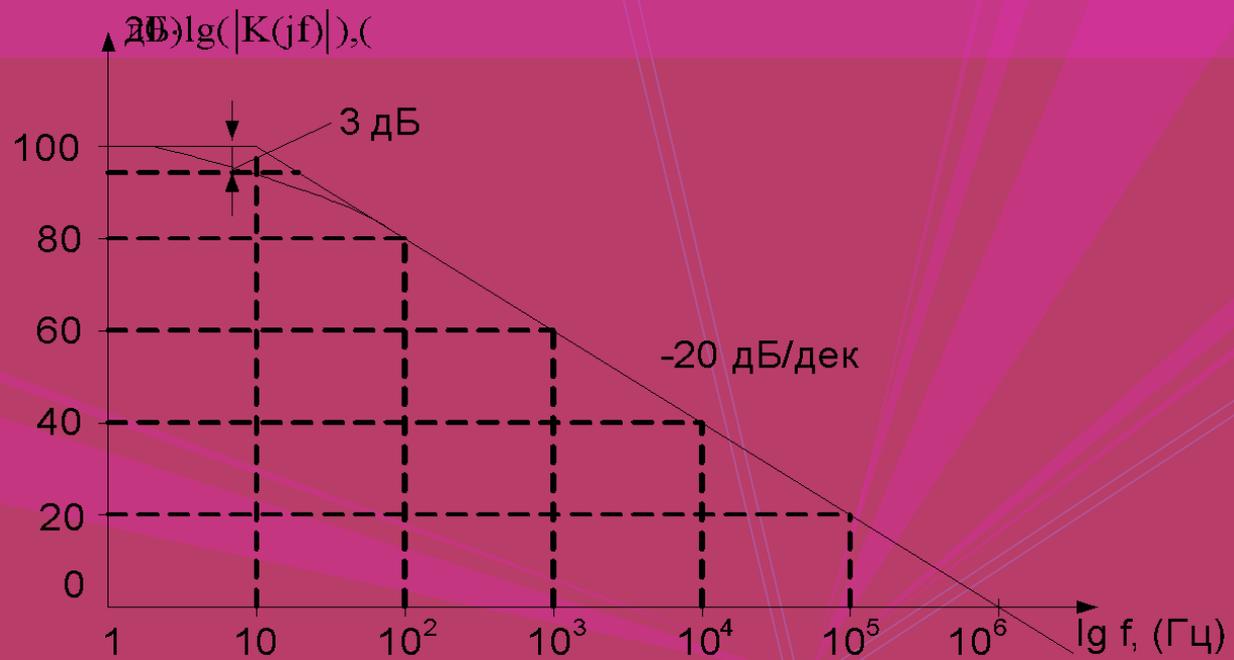


рис. 1... Логарифмическая АЧХ ОУ с внутренней цепью коррекции.

Рис. 10. Логарифмическая АЧХ ОУ с внутренней цепью коррекции

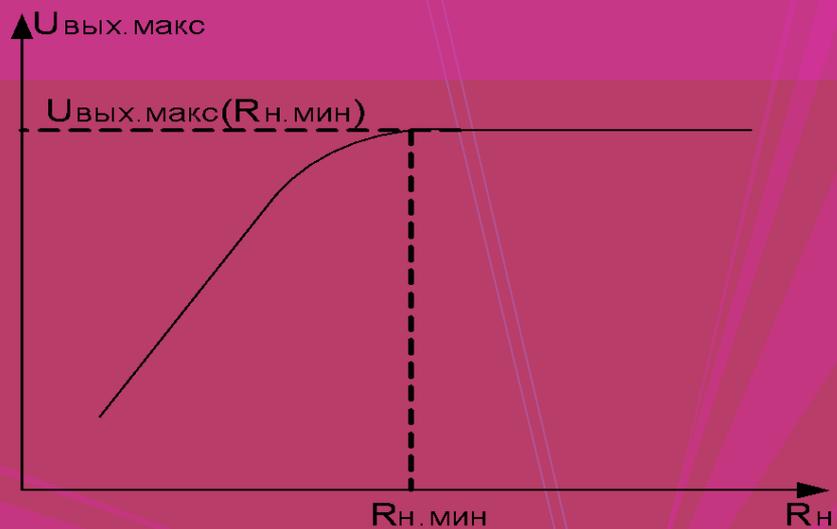


рис. 1... Зависимость максимального выходного напряжения на выходе ОУ  $U_{\text{вых. макс}}$  от сопротивления нагрузки  $R_n$ .

Рис. 11. Зависимость максимального выходного напряжения на выходе ОУ  $U_{\text{вых. макс}}$  от сопротивления нагрузки  $R_n$ .



Тип параметров	Параметр	Идеальный ОУ	Стандартный ОУ	Специализированные ОУ (тип микросхемы)
Входные	$R_{BX}$ (кОм)	$\infty$	$10^6 - 10^{12}$	$10^{13}$ (WSH223A)
	$U_{CM}$ (В)	0	$1 \div 10$	$5 \cdot 10^{-3}$ (ICL7650); $0,5 \cdot 10^{-7}$ (AD8554)
	$\frac{\Delta U_{CM}}{\Delta C}$ ( $\frac{мкВ}{\circ}$ )	0	$2 \div 20$	$5 \cdot 10^{-2}$ (ICL7650)
	$I_{BX}$ (мкА)	0	$0,1 \div 10^3$	$10^{-3}$ (HA5180)
	$\epsilon_{ш.оу}$ ( $\frac{нВ}{\sqrt{Гц}}$ )	0	$10 \div 30$	1 (HA911)
	$i_{ш.оу}$ ( $\frac{нА}{\sqrt{Гц}}$ )	0	$0,1 \div 1$	$10^{-3}$ (AD820)-
Выходные	$R_{ВВХ}$ (кОм)	0	$10^2 \div 10^3$	10 (157УД1)-
	$R_{ОМ}$ (кОм)	0	$1 \div 2$	-
	$I_{ВВХ.МАКС}$ (мА)	$\infty$	$1 \div 20$	$10^4$ (LM12)-
Общие	K	$\infty$	$10^4 \div 10^5$	$5 \cdot 10^8$ (AM490, HA2 – 2900)
	MГц	$\infty$	$1 \div 10$	2080 (OPA 2674)
	$\rho$ ( $\frac{В}{мкс}$ )	$\infty$	$0,1 \div 10$	$4,5 \cdot 10^3$ (AD8017) $5,7 \cdot 10^3$ (THS 3092)
	$I_{ПОР}$ (мА)	0	$1 \div 5$	$1,5 \cdot 10^{-3}$ (ICL7611)
	$E_{ПИТ}$ (В)	-	$5 \div 22$	$\pm(0,5 \div 8)$ (ICL 7611) $\pm(7 \div 40)$ (1408 УД1)