

### 3.4. Дрейф нуля выходного напряжения

Настройка нуля, рассмотренная выше, сохраняется только при тех условиях, в которых она производилась (температура, напряжение источника питания). Однако даже при сохранении этих условий будет иметь место уход (дрейф) нуля выходного напряжения вследствие старения ОУ. Для операционных усилителей широкого назначения температурные изменения тока сдвига находятся на уровне наноампер на градус Цельсия, а входного напряжения сдвига – микровольт на градус Цельсия.

Дрейф при различных значениях температуры может иметь различную величину и даже знак. Поэтому в справочниках дается либо среднее, либо максимальное значение дрейфа в определенном диапазоне изменения температур. Может также приводиться график температурной зависимости дрейфа.

Рассмотрим в качестве примера ОУ LM301, рис. 3.13. Параметры, характеризующие дрейф, следующие: в интервале изменения температуры от  $+25^{\circ}\text{C}$  до  $+75^{\circ}\text{C}$  входной ток сдвига изменяется не более чем на  $0,3 \text{ нА}/^{\circ}\text{C}$ , а входное напряжение сдвига не более чем на  $30 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$ . Положим, что балансировка (установка нуля выходного напряжения) производилась при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$ . Требуется оценить максимальную ошибку, вносимую в выходное напряжение дрейфом  $U_{\text{вх.сдв}}$  и  $I_{\text{вх.сдв}}$  при температуре  $+75^{\circ}\text{C}$ .

Изменение входного напряжения сдвига и входного тока сдвига составят соответственно:

$$\Delta U_{\text{вх.сдв}} = \pm \frac{30 \text{ мкА}}{1^{\circ}\text{C}} \cdot (75^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) = \pm 1,5 \text{ мВ};$$

$$\Delta I_{\text{вх.сдв}} = \pm \frac{0,3 \text{ нА}}{1^{\circ}\text{C}} \cdot 50^{\circ}\text{C} = \pm 15 \text{ нА};$$

а составляющие ошибок выходного напряжения, обусловленные этими приращениями, будут равны:

$$\Delta U_{\text{вых}} \Big|_{\Delta U_{\text{вх.сдв}}} = \Delta U_{\text{вх.сдв}} \cdot \left(1 + \frac{R_{\text{ос}}}{R_{\text{вх}}}\right) = \pm 1,5 \text{ мВ} \cdot 101 \approx \pm 150 \text{ мВ};$$

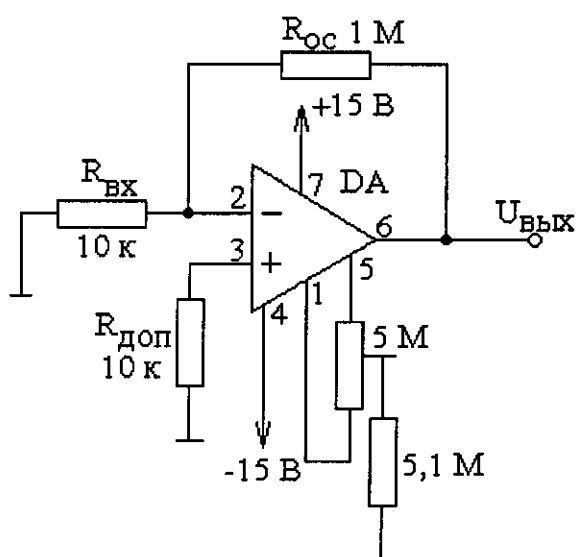


Рис. 3.13. Включение ОУ LM301 по схеме инвертирующего усилителя с элементами балансировки

$$\Delta U_{\text{ВЫХ}} |_{\Delta I_{\text{вх.сдв.}}} = \Delta I_{\text{ВХ.СДВ.}} \cdot R_{\text{ОС}} = \pm 15 \text{ нА} \cdot 1 \text{ МОм} = \pm 15 \text{ мВ.}$$

Следовательно, искомая величина ошибки выходного напряжения равна:

$$\Delta U_{\text{ВЫХ}} = \Delta U_{\text{ВЫХ}} |_{\Delta U_{\text{вх.сдв.}}} + \Delta U_{\text{ВЫХ}} |_{\Delta I_{\text{вх.сдв.}}} = 150 + 15 = \pm 165 \text{ мВ.}$$

### 3.5. Частотная характеристика ОУ

Этот параметр характеризует ОУ как усилитель переменного тока. При этом необходимо различать, какой величины переменные напряжения будут на выходе – малой (с амплитудой ниже 0,5...1,0 В) или большой (с амплитудой свыше 1,0 В). Если на выходе присутствуют только малые сигналы переменного напряжения, то наиболее важными параметрами ОУ являются частотная характеристика и шумы. Если на выходе должны быть сигналы переменного напряжения большой амплитуды, первостепенную важность приобретает такой параметр ОУ, как максимальная скорость нарастания. Подробнее такие параметры, как скорость нарастания и шум рассматриваются в разделах 3.6 и 3.7.

**Внутренняя частотная характеристика.** Многие ОУ общего и специального назначения имеют внутреннюю (встроенную) коррекцию частотной характеристики, для реализации которой в структуре усилителя организуется местная частотозависимая обратная связь через конденсатор (емкостью около 30 пФ). Благодаря введению корректирующей цепи снижается усиление ОУ на высоких частотах и предотвращается паразитная генерация колебаний в схеме (с ростом частоты увеличивается фазовый сдвиг сигнала в операционном усилителе и на достаточно высокой частоте общий петлевой сдвиг фазы достигает 360°).

**Амплитудно-частотная характеристика ОУ.** На рис. 3.14 представлена АЧХ, типичная для ОУ с внутренней коррекцией, таких как  $\mu\text{A}741$ ,  $\mu\text{A}747$ .

На низких частотах (менее 1 Гц)  $K \approx 200000$  ед (106 дБ). Именно эта величина дается в справочниках или листках-спецификациях на ОУ. С ростом частоты  $K$  уменьшается. Так уже при  $f=5$  Гц наблюдается падение усиления на 3дБ (точка А). Частота 5 Гц называется *частотой среза*, или *сопрягающей частотой*. Можно заметить, что между точками С и D характеристика усиления уменьшается в 10 раз при десятикратном увеличении частоты, то есть общий спад АЧХ составляет 20 дБ на декаду (–20 дБ/дек) или –6дБ на октаву.

**Полоса единичного усиления.** Точка В на рис. 3.14 обозначает полосу единичного усиления ОУ на малом сигнале (коэффициент усиления по напряжению ОУ без обратной связи равен 1).