

Частотные характеристики представлены формулами (1, 2). Формула (1) представляет зависимость коэффициента усиления от частоты сигнала первого канала ОУ и на транзисторах, а формула (2) всего усилителя с учётом второго канала. По этим формулам построены графики АЧХ (рис. 2) и ФЧХ (рис. 3). Для их построения заданы коэффициент усиления ОУ и их постоянные времени в виде частот единичного усиления каскадов.

$$K_1(f) = \frac{-K_{op}}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{op}}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_o}}, \quad (1)$$

$$K_2(f) = \left[\frac{-K_{op}}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{op}}} \right] \left[\frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{pt}}} \right] \cdot \frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_o}}. \quad (2)$$

где $K_{op} = 1000$ - коэффициент усиления ОУ; $i = \sqrt{-1}$ - мнимая единица; $f_{pt} = 500$ МГц – постоянная времени полевого транзистора Q1; $f_o = 10$ МГц – частота единичного усиления усилителя мощности; $f_{op} = 6350$ Гц – частота единичного усиления ОУ.

На рисунке 2 показаны ЛАЧХ одноканального усилителя, содержащего ОУ с усилителем мощности и двухканального усилителя.

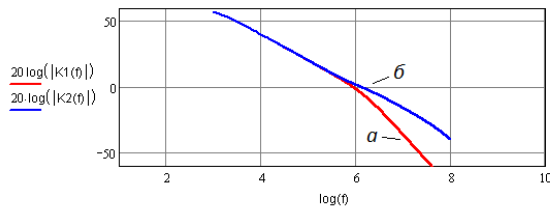


Рис. 2. ЛАЧХ усилителя первого и второго каналов: а) одноканальный усилитель; б) двухканальный усилитель

Для оценки устойчивости построены соответствующие каналом ФЧХ по формулам (3,4).

$$\psi_1(f) = \frac{180}{\pi} \cdot \arg(K_1(f)), \quad (3)$$

$$\psi_2(f) = \frac{180}{\pi} \cdot \arg(K_2(f)). \quad (4)$$

На рисунке 3 показаны ФЧХ одноканального усилителя и двухканального усилителя.

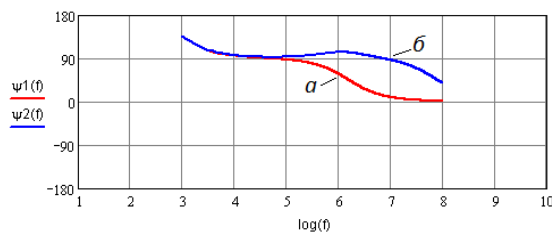


Рис. 3. ФЧХ усилителя: а) одноканальный усилитель; б) двухканальный усилитель

Устойчивость усилителя с ООС определяется запасом по фазе до 0° на частоте, на которой глубина обратной связи уменьшается до 1(0дБ). Для данного усилителя этот запас определяется на частоте 1 МГц (см. рис. 2). На рисунке 3, видно, что при одноканальной схеме (линия а) запас по фазе составляет $\psi_2(f) = 180^\circ - 103^\circ = 77^\circ$. Это значение меньше чем такой же запас по фазе в двухканальной (линия б) схеме $\psi_1(f) = 180^\circ - 58^\circ = 122^\circ$. Следовательно, введение второго канала, увеличивает запас по фазе и уменьшает опасность самовозбуждения при смене нагрузки усилителя, напряжения питания и т. д.

Заключение

Для уменьшения нелинейных искажений необходимо увеличивать глубину отрицательной обратной связи.

В связи с тем, что в одноканальной схеме добиться этого невозможно из-за опасности самовозбуждения при частоте единичного усиления, необходимо применять двухканальную структуру для увеличения глубины обратной связи.

Добавление двухканального усилителя повышает запас по фазе.

В результате экспериментального исследования получены следующие метрологические характеристики в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц: коэффициент нелинейных искажений менее 0,001 % при частоте 1 кГц, и 0,01% при частоте 100 кГц; при уровне выходного напряжения 10 В среднеквадратического значения.

Список использованных источников

- ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – Переиздание; введ. 10. 04.2018. – М.: Изд-во стандартов, 2018. - 27 с.
- Боде Г.В. Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью / Г.В. Боде. – М.: Москва, 1948. – 643 с.
- Генератор сигналов прецизионный ГС-50: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Научно-производственный центр «Поликом» Томского научно технологического парка, 1991. – 84 с.
- Рыбин Ю.К., Будейкин В.П., Чуфистов В.И. РС-генератор с малыми нелинейными искажениями // Измерительная техника. -1984. - № 4. – С. 39 – 41.
- Mathcad [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (дата обращения 12.10.2018).