

ПРИМЕР РАСЧЕТА ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

Информационно-измерительный канал АСНИ состоит из следующих звеньев: датчика, предварительного усилителя, фильтра нижних частот и АЦП.

1 РАСЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ

Исходные данные для расчета:

- внутреннее сопротивление датчика $R_g = 220 \text{ Ом};$
- выходное напряжение датчика $U_g = 2,0 \text{ мВ};$
- эффективное значение синфазной помехи, наводимой в витой паре проводов, соединяющих датчик с усилителем, $U_{сф} = 1,2 \text{ В};$
- максимальная погрешность от синфазной помехи $\delta = 3\%;$
- АЦП работает с частотой $f_{АЦП} = 2000 \text{ Гц}.$

Нужно найти:

- схемотехническое решение;
- необходимый КОСС (коэффициент ослабления синфазного сигнала);
- минимальный коэффициент усиления дифференциального сигнала $K_{диф},$;
- величины сопротивлений резисторов;
- подходящий тип операционного усилителя.

В качестве предварительного усилителя выберем дифференциальный усилитель, способный подавлять синфазные помехи. Схема однокаскадного дифференциального усилителя приведена на рис. 1.

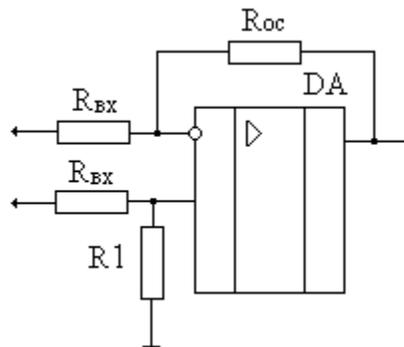


Рисунок 1 – Схема дифференциального усилителя

Требуемый коэффициент ослабления синфазной помехи вычисляется по формуле

$$КОСС = \frac{U_{сф}}{U_g} \cdot \frac{1}{\delta} = \frac{1,2}{0,002} \cdot \frac{1}{0,03} = 20000 \text{ (86дБ)}.$$

Минимально допустимый коэффициент усиления дифференциального сигнала находится в соответствии с методикой [1] по формуле $K_{\text{диф}} = \text{КОСС} \cdot K_{\text{сиф}}$,

где $K_{\text{сиф}}$ определяется в зависимости от типа используемых резисторов из следующих условий

$K_{\text{сиф}} = 0,1$ для резисторов, имеющих допуск 5%;

$K_{\text{сиф}} = 0,02$ для резисторов, имеющих допуск 1%;

$K_{\text{сиф}} = 0,01$ для резисторов, имеющих допуск 0,5%.

Принимая $K_{\text{сиф}} = 0,01$, имеем

$$K_{\text{диф}} = 20000 \cdot 0,01 = 200.$$

Для наилучшего согласования датчика с усилителем рекомендуется принять $R_{\text{вх}} = R_{\text{д}}$.

В этом случае $R_{\text{вх}} = R_{\text{г}} = 220 \text{ Ом}$.

Величина сопротивления резистора $R_{\text{ос}}$ обратной связи вычисляется по формуле

$$R_{\text{ос}} = R_{\text{вх}} \cdot K_{\text{диф}} = 300 \cdot 220 = 66 \text{ кОм}. \text{ Для симметрии входов полагают } R_1 = R_{\text{ос}}.$$

В качестве операционного усилителя DA можно выбрать К140УД9, который имеет КОСС не менее 80 дБ.

2 РАСЧЕТ АКТИВНОГО ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ (НЧ)

Считаем, что рабочая полоса ОУ достаточно широкая, поэтому частоту среза находим в соответствии с теоремой Шеннона - Котельникова:

$$f_c \leq \frac{1}{2} f_{\text{Лин}} = 1000 \text{ Гц}.$$

В качестве активного фильтра выбираем схему НЧ фильтра Саллена-Ки, изображенную на рис 2.

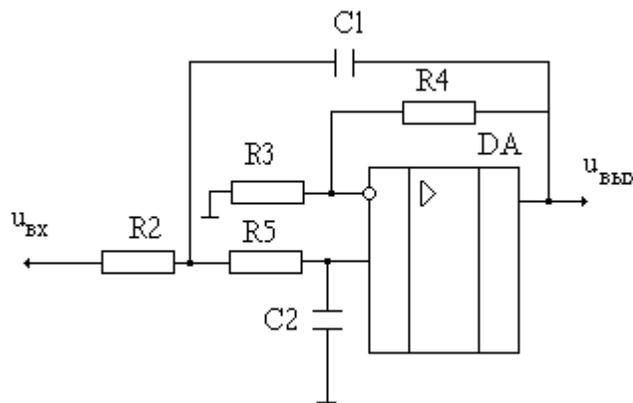


Рисунок 2 – Схема НЧ фильтра

В соответствии с методикой [2] сначала находится величина емкости конденсатора C_1 :

$$C_1 = \frac{10}{f_c} = \frac{10}{1} = 10 \text{ нФ} = 0,01 \text{ мкФ}.$$

Выбирая в соответствии с заданием фильтр второго порядка с АЧХ Баттерворта, можно принять следующие параметры НЧ фильтра для расчета элементов схемы Саллена-Ки:

$A=1$; $B = 1,4142$; $C = 1$ (фильтр с коэффициентом передачи $A=1$).

Рассчитываем величину емкости конденсатора C_2 :

$$C_2 = \left[A - 1 + \left(\frac{B^2}{4C} \right) \right] \cdot C_1 = \left[0 + \frac{1,4142^2}{4 \cdot 1} \right] \cdot C_1 = \frac{1,999}{4} \cdot 0,01 = 0,005 \text{ мкФ}.$$

Величины сопротивлений резисторов R_2 и R_5 находятся по формулам

$$R_2 = \frac{1/(\pi f_c C_1)}{B + \sqrt{B^2 + 4C(A-1)} - 4C \cdot C_2 / C_1} = \frac{1/(3,14 \cdot 1 \cdot 0,01)}{1,4142 + \sqrt{1,4142 \cdot 1,4142 - 4 \cdot 1 \cdot 0,005 / 0,01}} = 22,5 \text{ кОм};$$

$$R_5 = \frac{1}{C \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot R_2 (2\pi f_c)^2} = \frac{1}{1 \cdot 0,01 \cdot 0,005 \cdot 22,5 \cdot (2\pi \cdot 1)^2} = 9 \text{ кОм}.$$

Окончательно значения резисторов и конденсаторов определяются округлением до значений нормального ряда. Принимаем $R_2 = 22,5 \text{ кОм}$, $R_5 = 9 \text{ кОм}$, $C_1 = 0,01 \text{ мкФ}$, $C_2 = 0,005 \text{ мкФ}$.

Так как $A = 1$ (коэффициент передачи), то $R_3 = \infty$, а $R_4 = 0$.

В случае, если коэффициент передачи фильтра $A > 1$, то величины R_3 и R_4 выбираются из условия $R_4 / R_3 = A - 1$.

В качестве ОУ можно выбрать микросхему К140 УД9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарет П. Аналоговые устройства для микропроцессоров и мини-ЭВМ / П. Гарет. – М.: Мир, 1981. - 382с.
2. Гутников В.С. Фильтрация измерительных сигналов / В.С. Гутников.-Л.: Энергоатомиздат, 1990.-192с.