

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРЕДУСИЛИТЕЛЮ СИГНАЛА ЗОНДА КЕЛЬВИНА

Студент гр. 113315 Савощенков О.В.,  
кандидат техн. наук, доцент Тявловский А.К.  
Белорусский национальный технический университет

Определены исходные требования к трансимпедансному предусилителю, работающему совместно с вибрирующим зондом Кельвина (динамическим конденсатором).

Статическая емкость конденсатора зонда Кельвина составляет 10 пФ ( $10^{-14}$  Ф). Ток динамического конденсатора определяется выражением

$$I_{probe}(t) = U_{CPD} \frac{\partial C_{probe}}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $U_{CPD}$  – контактная разность потенциалов (к.р.п.).

При наложении гармонической вибрации емкость динамического конденсатора изменяется по закону

$$C_{probe}(t) = C_{probe0} \frac{1}{1 - m \cos(\omega t)}, \quad (2)$$

где  $m = \frac{\Delta C_{probe}}{C_{probe0}}$  – коэффициент модуляции динамического конденсатора.

Подставляя (2) в (1), получим следующее выражение для тока динамического конденсатора, одна из пластин которого колеблется по гармоническому закону:

$$I_{probe}(t) = m C_{probe0} \omega \frac{\sin(\omega t)}{(1 - m \cos(\omega t))^2} U_{CPD} \quad (3)$$

Видно, что закон изменения тока уже не является чисто гармоническим. При этом как величина измеряемого токового сигнала, так и коэффициент нелинейных искажений оказываются в первом приближении пропорциональны коэффициенту модуляции  $m$ .

Частота колебаний зонда составляет 300 Гц, соответственно  $\omega = 2\pi \cdot 300 = 1885 \text{ с}^{-1}$ ; коэффициент модуляции  $m = 0,25$ . Амплитуда токового сигнала при  $U_{CPD} = 100 \text{ мВ}$ , рассчитанная по модели (3) составляет порядка 0,5 нА. Исходя из этого, а также из анализа устойчивости схемы, в качестве основы для трансимпедансного предусилителя выбран малошумящий операционный усилитель ОРА380 фирмы *Burr-Brown*. Спектральная плотность входных шумов этого ОУ составляет  $e_n = 67 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ . Расчет показал, что для обеспечения необходимого динамического диапазона измерений к.р.п. достаточно коэффициента передачи трансимпедансного предусилителя на уровне 5 МОм. Отношение сигнал/шум на выходе предусилителя при этом составит порядка 100 дБ.