

Особенность применения двухкаскадных инструментальных усилителей типа INA 826 в приложениях с синфазной помехой высокого уровня на входе

Двухкаскадные инструментальные усилители (ИУ) типа INA 826 (<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina826.pdf>) нашли широкое применение в приложениях, связанных с измерением сигналов первичных преобразователей с дифференциальным выходом. Классическим примером такого приложения является схема измерения дифференциального сигнала с первичного преобразователя мостового типа, например, с тензометрического динамометра.

INA 826 обладает высокими метрологическими характеристиками, достаточными для создания широкого спектра нормирующих усилителей (НУ), обслуживающих эти первичные преобразователи.

В нашем случае, интерес представляют следующие характеристики данного ИУ:

- максимально допустимый коэффициент передачи ИУ (до 1000) при сохранении низкой величины погрешности (не более -60 дБ);
- коэффициент подавления синфазной помехи на частотах до 5 кГц (100 дБ).

Схемотехника такого НУ подробно рассматривается в [1].

С целью минимизации числа элементов НУ и упрощения схемы часто используют однополярное напряжение возбуждения (питания) первичного преобразователя (измерительного моста). При таком способе возбуждения на полезный дифференциальный сигнал в измерительной диагонали моста накладывается синфазный сигнал, равный половине напряжения возбуждения. Казалось бы, ИУ, имеющий коэффициент подавления синфазной составляющей на входе 100 дБ, без особого труда подавит ее до пренебрежимо малой величины.

Пусть напряжение возбуждения составляет $E_e = 6$ В, тогда на выходе ИУ его величина составит всего $U_{\text{сф.вых}} = 6 / (2 \times 10^5) = 30$ мкВ! Эта компонента напряжения настолько мала, что не заслуживает специального рассмотрения! И это действительно так до тех пор, пока все каскады ИУ работают в линейной области.

Для того чтобы понять возможную причину нахождения ИУ в нелинейной области, необходимо напомнить детали работы двухкаскадного ИУ, структура которого показана на рисунке.

INA 826 в качестве первого каскада использует парафазный усилитель (A1-A2), передающий без усиления синфазную компоненту входного сигнала и усиливающий с заданным коэффициентом передачи (G) дифференциальную (R-Rg-R). Второй каскад – вычитатель (A3), обеспечивающий прецизионное аналоговое вычитание выходных напряжений парафазного усилителя, превращая тем самым свой выходной сигнал в однофазный (U_{out}).

Напряжения на парафазных выходах ИУ составляют, соответственно, на выходе усилителя A1

$$U_+ = (E_e + G \times U_{dd})/2 \quad (1)$$

и на выходе A2

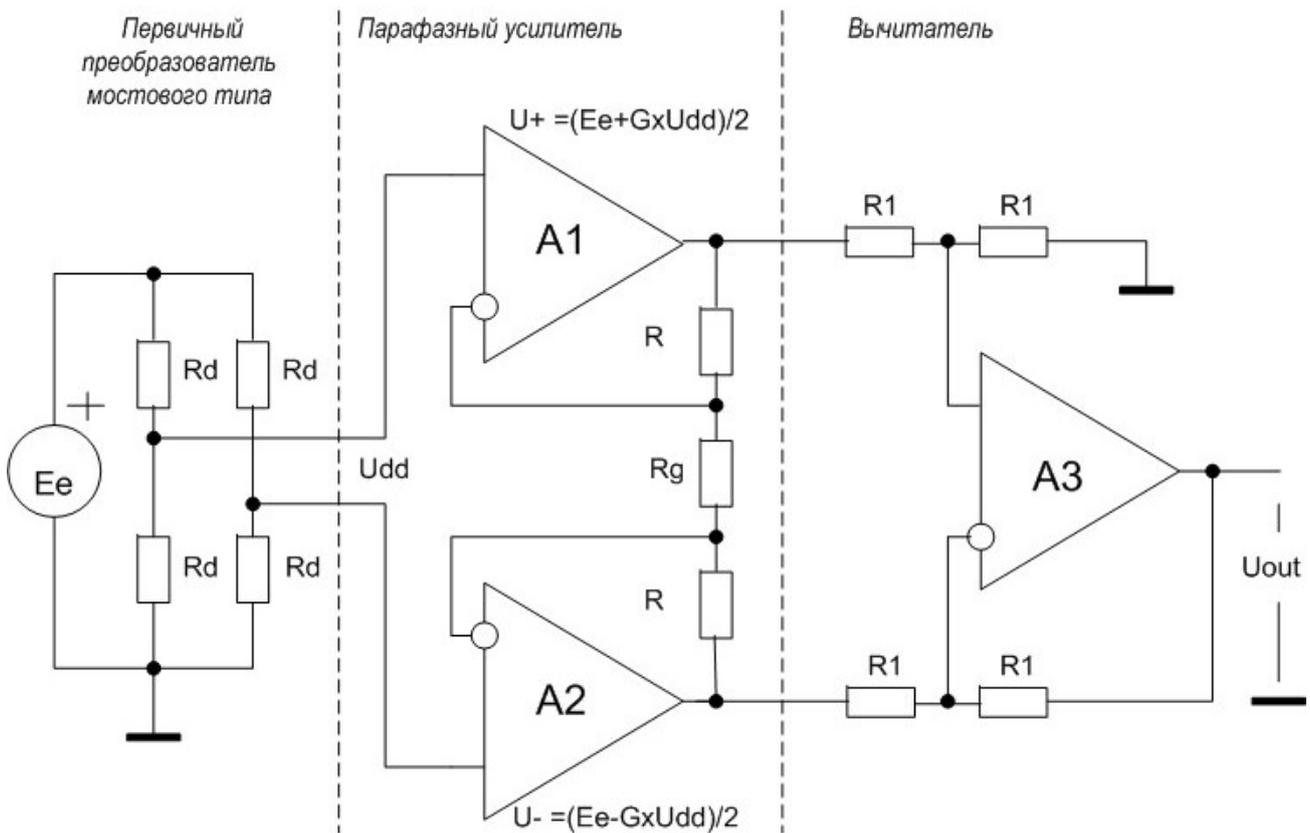
$$U_- = (E_e - G \times U_{dd})/2, \quad (2)$$

где:

E_e – напряжение возбуждения моста, например, $E_e = 6$ В;

G – коэффициент передачи парафазного усилителя, а в нашем случае всего ИУ, и составит 1000;

U_{dd} - верхний предел выходного напряжения первичного преобразователя, пусть составит 4 мВ.



Структура измерительного усилителя INA826 с первичным преобразователем мостового типа на его входе

Пусть положительный источник питания ИУ будет иметь величину +5 В. Тогда выходной сигнал ИУ составит $U_{out} = G \times U_{dd} = 4$ В, что, при поверхностном рассмотрении, не противоречит техническим характеристикам ИУ по допустимому соотношению величин питания и выходного напряжения. В то же время, обращаясь к внутренней структуре ИУ, рассмотрим выходные напряжения

парафазного усилителя по прямому А1 и инверсному А2 выходам, которые будут, соответственно, $U_+ = 5 \text{ В}$ и $U_- = 1 \text{ В}$. При величине положительного источника питания $+5 \text{ В}$ усилитель А1, а стало быть и весь ИУ, гарантировано выйдут из линейной области работы, что абсолютно недопустимо! Выходом из создавшейся ситуации будет уменьшение коэффициента передачи парафазного усилителя до величины, при которой выход каскада А1 будет находиться в линейной области, например, $G = 500$. Тогда $U_+ = 4 \text{ В}$ и $U_{out} = 2 \text{ В}$. Недостающее усиление 2 можно компенсировать введением каскада окончного усиления, на который полезно возложить еще и дополнительную функцию, например, низкочастотной фильтрации. Все сказанное выше справедливо и для усилителя А2 в случае работы ИУ с инверсными сигналами первичного преобразователя.

Таким образом, проектируя усилительный каскад для работы с синфазной помехой высокого уровня, а это может быть асимметрично включенный первичный преобразователь мостового типа, следует с особой тщательностью подойти к выбору коэффициента передачи внутреннего парафазного усилителя ИУ. Коэффициент передачи должен быть не более некоторого критического (G_{max}), при котором парафазный усилитель еще находится в области линейной работы. Для расчета величины критического усиления нужно использовать формулы (1) и (2), несколько преобразовав их:

$$G_{max} = (2(V-\Delta) - E_e) / U_{dd} \quad (3)$$

где:

V – напряжение питания ИУ

Δ – запас по выходному напряжению (разница между напряжением питания и верхним пределом выходного сигнала парафазного усилителя).

...Следовательно, расчет НУ будет складываться из нескольких этапов:

- определение верхнего предела входного сигнала (U_{pp}) НУ, который определяется как произведение напряжения возбуждения первичного преобразователя (E_e) на коэффициент преобразования моста (K_{tr}). Этот коэффициент дается производителем первичного преобразователя в документации;
- определение коэффициента передачи НУ как отношение верхних пределов выходного и входного напряжений $G = U_{out} / E_{pp}$;
- расчет критического коэффициента передачи G_{max} по формуле (3), исходя из величины запаса по выходному напряжению (Δ);
- определение коэффициента передачи окончного усилителя. Если $G_{max} < G$, то коэффициент передачи окончного усилителя $G_{end} = G / G_{max}$. Если $G_{max} \geq G$, то $G_{end} = 1$;
- расчет элементов фильтра НЧ с частотой среза 1-5 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы практического проектирования при нормировании сигналов с датчиков (по материалам семинара «Practical design techniques for sensor signal conditioning») <http://www.autex.spb.su/litera/sensor99.php> , ADI.