

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ОБОБЩЕННОЕ МАГНИТНОЕ НАПРЯЖЕНИЯ.

**Analysis of error sources of an elementary converter of electrical
voltage into generalized magnetic voltage.**

Мухаммадиев Бахтияр Сапарович

Старший преподаватель Джизакского Политехнического института

Эргашева Камола Насреддиновна

Ассистент Джизакского Политехнического института

Аннотация: в работе рассмотрен на основании анализа научно-технической литературы анализ источников погрешностей элементарного преобразователя электрического напряжения в обобщенное магнитное напряжения, позволяющих повысить точность и быстродействие преобразования механических напряжений в код.

Annotation: In the article, based on the analysis of scientific and technical literature, an analysis of the sources of error of an elementary converter of electrical voltage into generalized magnetic voltage is considered, which makes it possible to increase the accuracy and speed of converting mechanical stresses into a code.

Ключевые слова: интегратор, операционный усилитель (ОУ), резисторы, номинал, погрешность, мультипликативная, аддитивная, систематическая, балансировки, экспоненциальному закону, экспоненты, параметрическая структурная схема (ПСС), преобразователь.

Keywords: integrator, operational amplifier (OA), resistors, nominal, error, multiplicative, additive, systematic, balancing, exponential law, exponential, parametric structural diagram (PSS), converter

Рассматриваемый преобразователь состоит из двух последовательно соединенных интеграторов. Причем первый интегратор работает в режиме генератора напряжения, а второй – тока. Зависимость выходного напряжения интегратора, принципиальная схема которого показана на рис.1, от входного с учетом входных токов ОУ – $I_{вх1}$, $I_{вх2}$ и напряжения смещения $U_{см}$ описывается формулой [1, 7]:

$$U_{э\text{ вых.}}(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U_{э\text{ вх.}}(t) dt + \frac{1}{RC} (I_{вх.1}R - I_{вх.2}R_1) t + \frac{U_{см}}{RC} t + U_{см} \quad (1)$$

Производится расчет систематической составляющей погрешности интегратора, обусловленной неидеальностью ОУ, в качестве которого используется, например, ОУ типа К14ОУД7 [2], а резисторы R и R_1 выбраны одного номинала с погрешностью 5%. Данные для расчета:

$$I_{вх} = 200 \text{ нА}; \Delta I_{вх} = 50 \text{ нА}; U_{см} = 4 \text{ мВ}; R = 22 \text{ кОм}; C = 10 \text{ нФ}; t = 1,6 \text{ мс}; K_{оу} = 5 \cdot 10^4$$

Подставляя данные ОУ и схемы, получим значения погрешностей. Составляющая погрешности, обусловленная входными токами, равно $\pm 0,064\%$. Мультипликативная составляющая, обусловленная напряжением смещения, составляет 0,29%, а аддитивная составляющая – 0,04%. Анализ полученных данных показывает, что мультипликативная составляющая систематической погрешности не превышает $\pm 0,3\%$, а аддитивная составляющая – не более $\pm 0,04\%$. Причем основной причиной погрешности является наличие напряжения смещения $U_{см}$.

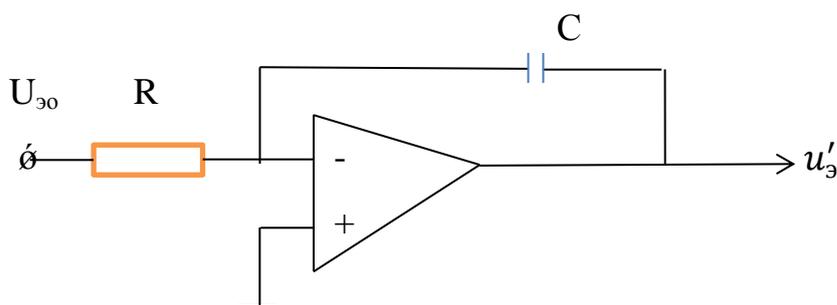


Рис.1 Принципиальная схема интегратора

Для уменьшения рассмотренных составляющих погрешности необходимо введение цепи балансировки.

Рассмотрим статическую характеристику интегратора с учетом конечного значения коэффициента усиления ОУ $K_{оу}$ [1]:

$$U_{\text{Э Вых.}}(t) = -U_{\text{Э Вх.}} \cdot K_{\text{oy}} [1 - \exp(-\frac{t}{\tau_u})] \quad (2)$$

где $\tau_u = RC (K_{\text{oy}} + 1)$.

Анализ формулы (2) показывает, что, как и в случае простой RC-цепи, напряжения интегратора на ОУ изменяется по экспоненциальному закону, но постоянная времени экспоненты и выходное напряжение приблизительно в K_{oy} раз больше, чем у пассивной интегрирующей цепи.

Мультипликативная относительная погрешность в этом случае определяется по формуле:

$$\gamma_{\text{мз}} = \frac{t}{2\tau_u} = 7,3 \cdot 10^{-5} \quad (3)$$

Таким образом, интегратор на ОУ в широком диапазоне соотношений постоянной времени генерируемого импульса приближается по своим свойствам к идеальному, у которого зависимость выходной величины от входной выражается согласно формулы (2) следующим образом:

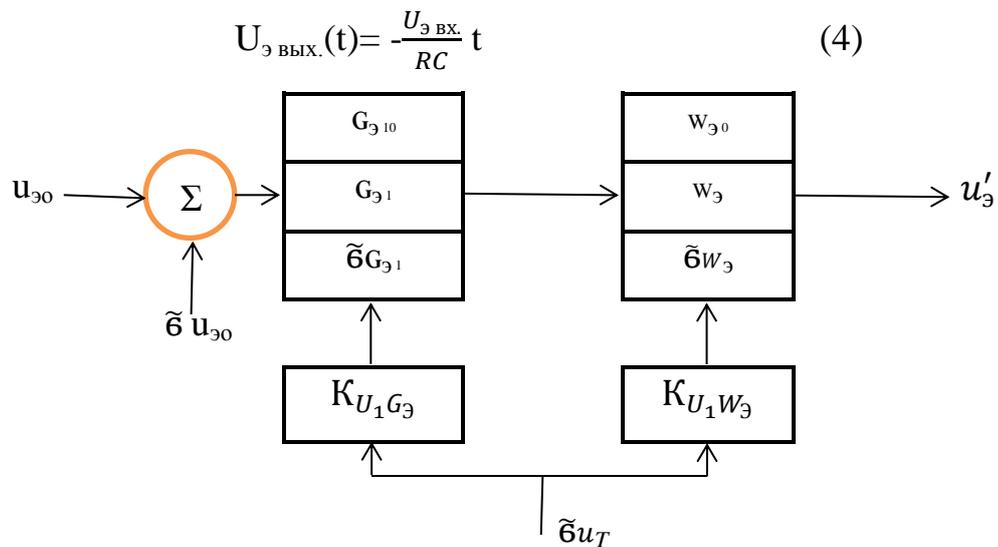


Рис.2 ПСС интегратора с учетом влияния погрешностей

На рис.2 приведена параметрическая структурная схема (ПСС). Случайная составляющая погрешности интегратора обусловлена влиянием температуры и нестабильности опорного напряжения $U_{\text{Э Вх.}}$. Зависимость погрешности постоянной времени интегратора с учетом влияния температуры описывается формулой:

$$\tilde{\tau}_u = RC (\pm K_{U_{TR}} \pm K_{U_{TC}}) \tilde{u}_T. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), после разложения в ряд получим:

$$U_{\text{Э Вых.}}(t) = \frac{U_{\text{Э Вх.}}}{RC} t - (\pm K_{U_{\text{T}R}} \pm K_{U_{\text{T}C}}) \frac{U_{\text{Э Вх.}}}{RC} t \tilde{\text{б}} U_{\text{T}}. \quad (6)$$

$$\text{или} \quad U_{\text{Э Вых. I}}(t) = (S + \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}}) U_{\text{Э Вх.}} \quad (7)$$

$$\text{где } S = \frac{t}{RC} \quad \text{тогда } \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}} = -S - (\pm K_{U_{\text{T}R}} \pm K_{U_{\text{T}C}}) \tilde{\text{б}} U_{\text{T}}.$$

Поскольку в рассматриваемом преобразователе имеется два одинаковых последовательно соединенных интегратора, то общая зависимость выходной величины от входной может быть представлена следующим образом:

$$U_{\text{Э Вых. II}} = (S + \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}}) U_{\text{Э Вых. I}} \quad (8)$$

Подставив формулу (7) в (8), после преобразований получим

$$U_{\text{Э Вых. II}} = (S^2 + 2 \cdot S \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}}) U_{\text{Э Вх.}} \quad (9)$$

Тогда вторая производная от напряжения по времени $U_{\text{Э}}''$

$$U_{\text{Э}}'' = \left[\frac{1}{(RC)^2} + \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}}'' \right] U_{\text{Э Вх.}} \quad (10)$$

$$\text{где } \dot{\Delta}_{MU_{\text{Э}}}'' = -\frac{1}{(RC)^2} (\pm K_{U_{\text{T}R}} \pm K_{U_{\text{T}C}}) \tilde{\text{б}} U_{\text{T}}.$$

Для получения на выходе преобразователя зависимости тока от входного напряжения второй интегратор включен по схеме стабилизатора тока (рис.3) [3], характеристика которого определяется следующей формулой:

$$I_{\text{Э}}'' = \frac{U_{\text{Э}}''}{R_2} \quad (11)$$

а с учетом влияния температуры на сопротивление R_2 и наличия первичной обмотки $K_{I_{\text{Э}}U_{\mu}}$, окончательно получим:

$$U_{\mu}'' = (S_{U_{\mu}} + \dot{\Delta}_{MU_{\mu}}) U_{\text{Э Вх.}} \quad (12)$$

$$\text{где } S_{U_{\mu}} = \frac{K_{I_{\text{Э}}U_{\mu}}}{(RC)^2 R_2}$$

$$\dot{\Delta}_{MU_{\mu}} = -S_{U_{\mu}} (\pm 2K_{U_{\text{T}R}} \pm 2K_{U_{\text{T}C}} \pm K_{U_{\text{T}R_2}}) \tilde{\text{б}} \cdot U_{\text{T}}.$$

Для уменьшения дополнительной температурной погрешности в рассматриваемом элементарном преобразователе в задающей цепи подбирались типы резисторов и конденсаторов по температурному коэффициенту так, чтобы $\dot{\Delta}_{MU_{\mu}} = 0$. Например, в схеме преобразователя использовались резисторы типа С5-18 [4], а конденсаторы – типа К10-17 Н90 [5], что позволило получить

основную относительную погрешность от влияния температуры не более $\pm 0,01\%$ и дополнительную – не более $\pm 0,08\%$.

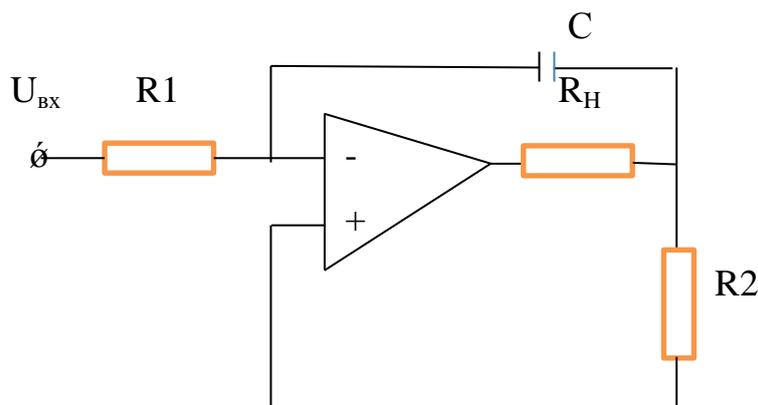


Рис.3 Принципиальная схема интегратора с токовым выходом

Использованная литература:

1. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учеб.пособие для вузов. -М.: Высш.шк., 1982. – 495 с., ил.
2. Справочник по интегральным схемам /Под ред.Б.В.Тарабрина. – 2-е изд.,перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. -816 с.
3. Шило В.А. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. – 2-е изд.,перераб. и доп. – М.:Сов.радио,1979. -368 с., ил.
4. Резисторы: Справочник /Андреев Ю.Н.,Антонян А.И.,Иванов Д.М. и др./; Под ред. И.И.Четвертакова. – М.: Энергоиздат. 1981. -352 с., ил.
5. Справочник по электрическим конденсаторам /М.Н.Дьяконов, В.И.Карабанов, В.И.Присняков и др./; Под общ.ред. И.И.Четвертакова и В.Ф.Смирнова. – М.: Радио и связь, 1983. -576 с.
6. Эгамбердиев, Б. Э., Садий, Ш. А., & Исроилов, М. Р. (2021). Электронно-спектроскопические исследования эпитаксиальных пленок $CoSi_2$ на кремний. *Журнал Физико-математические науки*, 2(1).
7. Мухаммадиев Б. С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАКЛАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ //АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ. – 2021. – С. 93-101.