II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК
25-27 СЕНТЯБРЯ, 2020

APITECH
Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг

APITECH
Applied Physics, Information Technologies and Engineering

ДНИТ Красноярский ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ

«Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг» - APITECH-2020

«Моделирование работы частотного интегрирующего развертывающего преобразователя с учетом технологического разброса параметров»

Волков В.С., Конкина М.С.

Актуальность

- Постановка задачи: частотные измерительные преобразователи параметров резистивных датчиков с использованием методов интегрирующего развертывающего преобразователя (ЧИРП) в настоящее время являются перспективными средствами построения систем измерения и управления благодаря высокой помехозащищенности выходного сигнала, а также простому преобразованию его в цифровой код [2-10].
- Постановка задачи: известно [1], что вследствие погрешностей, возникающих при изготовлении полупроводниковых тензорезисторов, наблюдается отклонения их номинальных сопротивлений, а также температурного коэффициента сопротивления (ТКС) и температурного коэффициента тензочувствительности (ТКЧ) от заданных значений. Это приводит к возникновению начального разбаланса мостовой схемы, который эквивалентен наличию ненулевого входного сигнала. Возникает погрешность частоты следования импульсов на выходе частотного интегрирующего развертывающего преобразователя (ЧИРП), которая присутствует при номинальной температуре, и изменяется при повышении температуры, а именно, имеет как аддитивную, так и мультипликативную составляющую [1, 11-14].
- Задача: разработать математическую модель для учета технологического разброса параметров тензорезисторов ЧИРП с полупроводниковой мостовой схемой, позволяющую рассчитать соответствующую составляющую погрешности выходного сигнала ЧИРП.

Методы решения

- Рассмотрен тензопреобразователь, состоящий из мостовой схемы (МС), которая имеет в своем составе полупроводниковые тензорезисторы, интегратор на базе операционного усилителя $ОУ_1$ с емкостной отрицательной обратной связью, сравнивающее устройство СУ на базе $ОУ_2$ и дозирующий конденсатор $С_д$, представленный на рис. 1.Для проведения расчетов выбран наихудший случай разброса параметров, при котором у тензорезисторов с положительным приращением сопротивления параметры дополнительно увеличены на 1%, а у тензорезисторов с отрицательным приращением сопротивления уменьшены на 1%. Отметим, что первоначально значения номинального сопротивления и температурного коэффициента сопротивления (ТКС) резистора интегратора берутся такие же, как и для случая идентичных тензорезисторов [14].
- В ходе проведения расчетов получены следующие значения:

№	Параметр	Значение
1	Сопротивление тензорезистора R1 с учетом разброса параметров	1,073399
2	Сопротивление тензорезистора R2 с учетом разброса параметров	1,228202
3	Сопротивление тензорезистора R3 с учетом разброса параметров	1,228202
4	Сопротивление тензорезистора R4 с учетом разброса параметров	1,073399
5	Изменение сопротивления R1	0,084241
6	Изменение сопротивления R2	0,216041
7	Изменение сопротивления R3	0,216041
8	Изменение сопротивления R4	0,084241
9	Относительное изменение сопротивления в плечах 1 и2	0,719459
10	Напряжение на выходе с учетом разброса параметров	-0,67
11	ТКЧ тензорезисторов	0,0012
12	Температурно-зависимое сопротивление интегратора	56000

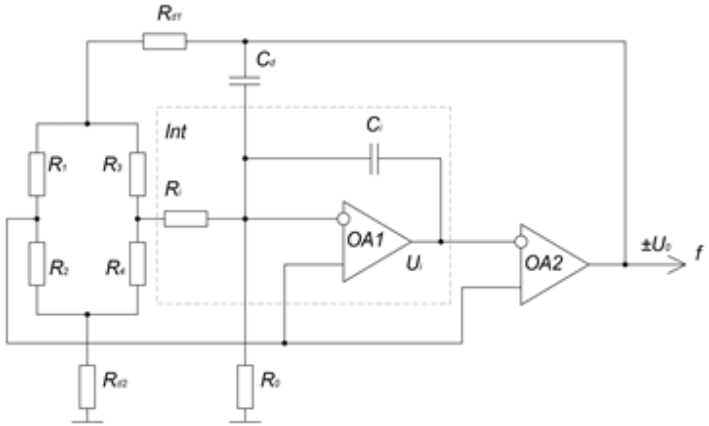

Рис. 1. Функциональная схема ЧИРП с мостовой тензорезистивной схемой

Методы решения

- Согласно полученным результатам, определим выходное напряжение МС ЧИРП с учетом изменения сопротивления полупроводниковых тензорезисторов в плечах 1 и 2 по следующему выражению [12]:

$$U_0(\varepsilon_{1,2}(\Delta T)) = U_0 \cdot \varepsilon_{1,2}(\Delta T) - 2 \cdot \frac{C_d}{C_i} \cdot U_0 + \frac{t}{2 \cdot Ri(\Delta T) \cdot C_i} \cdot U_0 \cdot U$$

- Путем вычислений получим $U_0(\varepsilon_{1,2}(\Delta T)) = 7{,}195$
- Проведем вычисление аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров по следующей формуле [12]:

$$f(\Delta T) = \frac{R_1(\Delta T) \cdot R_4(\Delta T) - R_2(\Delta T) \cdot R_3(\Delta T)}{4 \cdot C_d \cdot Ri_0 \cdot (R_1(\Delta T) - R_2(\Delta T)) \cdot (R_3(\Delta T) - R_4(\Delta T)) \cdot (\gamma \cdot \Delta T + 1)}$$

- С учетом воздействии повышенной температуры при изменении ΔT от 0 °C до 100 °C с шагом, равным 1°C, получим согласно формуле (8) значения аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов f(ΔT) в интервале от $2.9985 \cdot 10^3$ до $3.0027 \cdot 10^3$. График аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов и график представлены на рис. 2.
- Проведен расчет мультипликативной составляющей погрешности выходного сигнала согласно формуле:

$$\Delta_0 = \frac{|\max(f_1) - \min(f_1)|}{\min(f_1)} \cdot 100.$$

- Получим мультипликативную составляющую погрешности, равную 0,157%.

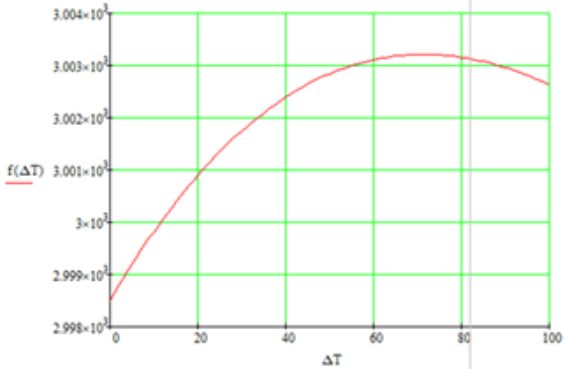

Рис.2. График аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов

Выводы

Результаты, внедрение

- На основании полученных расчетов сделан вывод, что учет технологического разброса параметров при нормальной температуре для мостовой схемы частотного интегрирующего развертывающего преобразователя, содержащей полупроводниковые тензорезисторы, позволяет оценить дополнительную мультипликативную погрешность при расчете частоты выходного сигнала.
- Математическая модель для учета технологического разброса параметров тензорезисторов ЧИРП с полупроводниковой мостовой схемой дает возможность проанализировать возможные оригинальные конструкторские решения, направленные на разработку дополнительных методов и средств температурной компенсации с учетом особенностей полупроводниковых тензорезисторов.
- Математическая модель может быть использована при разработке дополнительных методов и средств температурной компенсации с учетом особенностей полупроводниковых тензорезисторов, а также перспективна для повышения объективности анализа результатов вычисления применительно к преобразователям механических величин в частоту.

Контакты

Волков Вадим Сергеевич, Конкина Мария Сергеевна

Пензенский государственный университет, кафедра «Приборостроение», 440026, ул. Красная, 40, г. Пенза, Россия

E-mail: vadimv_1978@mail.ru