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 частотного интегрирующего развертывающего преобразователя с полупроводниковым тензомостом с учетом воздействия температуры»

Волков В.С., Конкина М.С.

Актуальность

- Постановка задачи: В настоящее время актуальными средствами построения систем измерения и управления являются частотные измерительные преобразователи параметров резистивных датчиков механических величин в частоту с использованием методов интегрирующего развертывающего преобразования (ЧИРП) за счет повышенной точности измерений, высокой помехоустойчивости сигнала и простоте в эксплуатации и настройки схем [1, 2]. Одним из наиболее перспективных конструкторских решений усовершенствования датчиков механических величин состоит в сочетании методов преобразования выходного напряжения мостовой схемы в частоту и мостовой схемы, состоящей из полупроводниковых тензорезисторов [1, 3-9].
- Постановка задачи: несмотря на перспективность конструкторского решения, главным недостатком в процессе эксплуатации при повышенной температуре является температурная зависимость сопротивления и тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов, что, как следствие, приводит к дополнительной погрешности выходного сигнала [10, 11].
- Задача: разработать алгоритм, основанный на имитационной модели характеристик частотного интегрирующего развертывающего преобразователя для мостовой схемы, содержащей полупроводниковые тензорезисторы.

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 оценки численных характеристик ЧИРП МС с полупроводниковыми тензорезисторами были рассмотрены типичные параметры МС: номинальное сопротивление тензорезистора R_0 = 1000 Ом, коэффициент тензочувствительности k_0 = 100, деформация тензорезисторов ε = 5·10^{-4}, емкость дозирующего конденсатора C_d = 100 пкФ, сопротивление интегратора R_i = 50, ТКЧ тензорезисторов γ = 0,0012 °С$^{-1}$, диапазон рабочих температур ΔT = 100 °С.
- В ходе вычислений доказано, что погрешность выходной частоты составит 12%, что не соответствует требованиям по точности, предъявляемым к современным датчикам физических величин.
- Проведено вычисление аналитической зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров по следующей формуле:

$$f(\Delta T) = \frac{R_1(\Delta T)\cdot R_4(\Delta T) - R_2(\Delta T)\cdot R_3(\Delta T)}{4\cdot C_d \cdot R_{i0}\cdot (R_1(\Delta T) - R_2(\Delta T))\cdot (R_3(\Delta T) - R_4(\Delta T))\cdot (\gamma\cdot \Delta T + 1)}$$

- На основании расчетов при выборе наихудшего случая 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%, проведено имитационное моделирование характеристик частотного интегрирующего развертывающего преобразователя для мостовой схемы, содержащей полупроводниковые тензорезистивные датчики.
- По результатам построены график зависимости частоты от температуры в сравнении со значением частоты при нормальной температуре и при отсутствии разброса параметров полупроводниковых тензорезисторов, а также график зависимости частоты от температуры и деформации с учетом разброса параметров, представленные на Рис. 2, *а* и *б*.

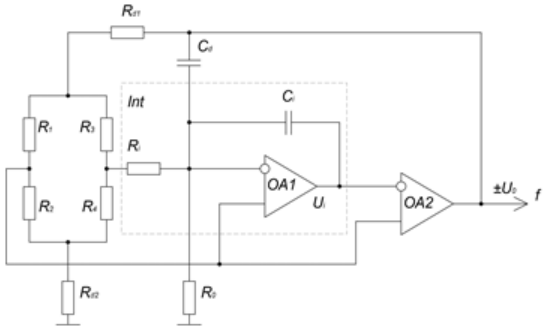

Рис. 1. Функциональная схема ЧИРП с мостовой тензорезистивной схемой

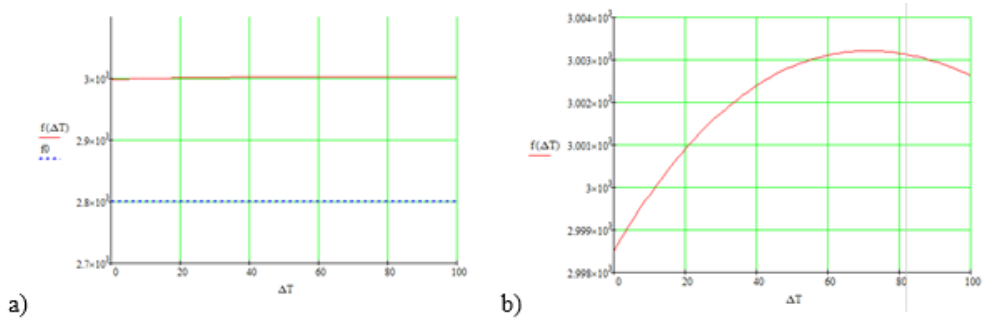

Рис.2. График изменения частоты от температуры

APITECH
Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг

APITECH
Applied Physics, Information Technologies and Engineering

Методы решения

- Алгоритм определения составляющих погрешности частоты выходного сигнала с учетом разброса параметров тензорезистивных датчиков и воздействия повышенной температуры реализуется следующим образом: согласно полученным результатам при заданном диапазоне рабочих температур ΔT = 100 °C находятся минимальные и максимальные значения частоты выходного сигнала, далее производится вычисление составляющих погрешности выходного сигнала (Рис. 3).
- Из представленного алгоритма (Рис. 3) следует, что, устанавливая шаг изменения температуры, равный 1 °C, а также, исходя из найденных минимального и максимального значений частоты выходного сигнала с учетом увеличения температуры, получим значения аддитивной составляющей погрешности выходного сигнала Δ_1=7,258% и мультипликативной составляющей погрешности выходного сигнала, равной Δ_0=0,157%

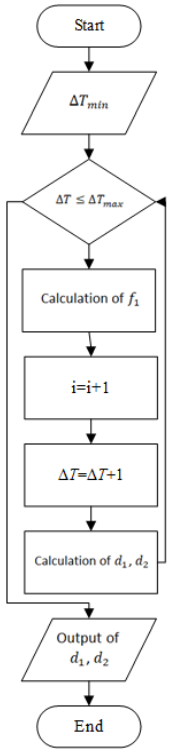

Рис. 3. Алгоритм определения составляющих погрешности частоты выходного сигнала с учетом разброса параметров тензорезистивных датчиков и воздействия повышенной температуры

Выводы

Результаты, внедрение

- Мультипликативная составляющая погрешности выходного сигнала составляет менее 0,2%, что в 5 раз меньше, чем погрешность одного полупроводникового тензорезистора.
- Погрешность, полученная в результате вычислений, является преимущественно аддитивной и составляет почти 8%. Это вызвано разбросом номиналов полупроводниковых тензорезисторов по причине того, что тензомост не сбалансирован в начальный момент работы ЧИРП.
- Таким образом, полученные результаты вычислений на основе предложенного алгоритма показывают, что с учетом особенностей полупроводниковых тензорезисторов наиболее важной задачей при разработке оригинального конструкторского решения является минимизация аддитивной составляющей погрешности выходного сигнала, возникающей вследствие начального разбаланса тензомоста

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